



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA CAROLINA PALUDO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MODELOS
MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DO $VO_{2\text{pico}}$ ATRAVÉS DO
TESTE DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS EM
CRIANÇAS E ADOLESCENTES**

Londrina
2012

ANA CAROLINA PALUDO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MODELOS
MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DO $VO_{2\text{pico}}$ ATRAVÉS DO
TESTE DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS EM
CRIANÇAS E ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Helio Serassuelo Junior.

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

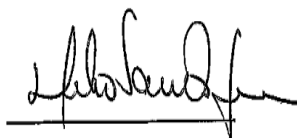
P184d	<p>Paludo, Ana Carolina. Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimativa do VO_{2pico} através do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes / Ana Carolina Paludo. – Londrina, 2012. 87 f.: il.</p> <p>Orientador : Hélio Serassuelo Junior. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Maringá; Universidade Estadual de Londrina; Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física, 2012. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Oxigênio – Consumo – Teses. 2. Equação de regressão – Teses. 3. Aptidão física – Testes – Teses. 4. Educação física – Teses. I. Serassuelo Junior, Hélio. II. Universidade Estadual de Maringá. III. Universidade Estadual de Londrina. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 796</p>
-------	---

ANA CAROLINA PALUDO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS
PARA ESTIMATIVA DO $VO_{2\text{pico}}$ ATRAVÉS DO TESTE DE
CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS EM CRIANÇAS E
ADOLESCENTES**

Este exemplar corresponde à defesa de
Dissertação de Mestrado defendida por Ana
Carolina Paludo e aprovada pela Comissão
julgadora em: 13/04/2012.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Helio Serassuelo Junior
UEL – Londrina - PR



Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque
UEL – Londrina - PR



Prof. Dr. Édio Luiz Petroski
UFSC – Santa Catarina - SC

Londrina, 13 de abril de 2012.

Dedico esta dissertação a minha família linda, que me escolheu com muito amor e carinho para fazer parte de suas vidas e sempre fizeram de tudo e mais um pouco para sustentar os meus objetivos.

A minha mãezinha Nair, a pessoa mais importante da minha vida, que não nunca mediu esforços para me ver nessa caminhada e que acredita nos meus sonhos. Que me educou sempre nos seus princípios e caráter, sendo pai e mãe tantas vezes.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que rege minha vida com sua força maior. A quem sempre intercedi por saúde e muita força para que pudesse finalizar mais uma etapa da minha vida e me abençoar para os próximos passos dessa jornada.

Agradeço meu querido orientador Professor Doutor Helio Serassuelo Junior o qual acreditou em meu trabalho e me deu a oportunidade de ser sua primeira orientanda. Obrigado pelos puxões de orelha, pelos ensinamentos e pela paciência com minha imaturidade acadêmica, acredito que hoje evolui bastante e que juntos realizamos uma boa caminhada. Agradeço também pelas oportunidades cedidas e pela dedicação de “pai”.

Gostaria de agradecer também o Professor Doutor Enio Ricardo Vaz Ronque, no qual foi a primeira pessoa a me nortear aqui na Uel, que abriu as portas de seu grupo de estudo, me orientou na especialização e que nunca negou seus ensinamentos e além disso é uma boa pessoa de coração, admiro sua luta pela vida acadêmica. Obrigado também por aceitar ser membro da minha banca e acreditar e auxiliar no meu projeto.

Ao Professor Doutor Edilson Serpeloni Cyrino que também abriu as portas de seu grupo de estudo, o qual rege com grande entusiasmo e dedicação. Admiro seu entusiasmo pela Educação Física que contagia os que estão em sua volta e nos da força e nos impulsiona para seguir na carreira acadêmica.

Ao Professor Doutor Édio Luiz Petroski, por ter aceitado o convite de compor a banca, pelos apontamentos feitos ao projeto. Obrigado pela atenção.

A minha orientadora profissional e pessoal Mariana Biagi Batista, que antes mesmo de me conhecer já apoiava minha vinda a Londrina e tentar a vida acadêmica. Uma pessoa de coração puro, que sempre me ajudou em tudo que precisei e que foi fonte da idéia desse projeto e aceitou compartilhar seus dados.

Ao Luis Alberto Gobbo que prontamente auxiliou na análise estatística do trabalho e sempre se mostrou a disposição para tirar dúvidas e a ensinar. Muito obrigado de coração pela dedicação.

Aos professores do programa de pós graduação da UEL que de forma direta ou indireta acrescentaram a minha formação acadêmica. A Professora Dr. Marcia Greguol que emprestou os frequencímetros para a coleta de dados. O Professor Antonio Carlos Dourado e sua aluna Julia e Bruna que disponibilizaram o laboratório e auxiliaram na avaliação do consumo de oxigênio nas minhas crianças, obrigada pela paciência.

Meus agradecimentos especiais a Gabriela Blasquez, Oriane Martins e Fernando Pavão que me auxiliaram desde do início ao final das coletas de dados. Que sem eles a coleta não sairia.

Aos colegas do Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício – GEPAFE e Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício- GEPEMENE, pelos momentos de aprendizado, ajuda e tomada de decisão. E como o professor Edilson salienta, “juntos somos forte”. E aos meus colegas do programa de mestrado.

A direção do Colégio de Aplicação do Campus de Londrina- Paraná, pelo apoio e dedicação ao projeto. As professoras pela compreensão e auxílio nos dias de coleta de campo e aos alunos (minhas crianças) que aceitaram em participar da pesquisa e participaram até o final das coletas.

A Universidade Estadual de Londrina, que possibilitou essa trajetória de estudo, desde a especialização ao mestrado. Pelos materiais e equipamentos.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Marechal Cândido Rondon, no qual realizei minha graduação e pelos professores que auxiliaram para a formação do meu conhecimento. Agradeço em especial ao Professor Doutor Alberto Saturno Madureira que despertou meu interesse a vida acadêmica e a Professora Carine Ferreira de Souza que me norteou ao Programa UEM/UEL e a sua família que me acolheu em sua casa.

As minhas amigas formadas pela república construída em Marechal Cândido Rondon, a Jéssica Sarturi e Ariana Campos e em Londrina a Juliana Vieira, Adriele , Elisa e Wellison.

As minhas amigas formadas por essa caminhada, Sheila Vendrame, Gisele Begnini, Cássia Regina Ferraz, Larissa Ródio, Fabricia Martins Almeida, Karla, Tânia Helena, Daiane Possatti, Maiara Tadio e amigos Felipe Trevisan, Guilherme César, Alessandro.

E por todas as pessoas que passaram po minha vida e que fizeram parte direta ou indiretamente por mais um objetivo alcançado.

PALUDO, Ana Carolina. **Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimativa do VO_{2pico} através do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes.** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e validar modelos matemáticos para predição da aptidão cardiorrespiratória (ACR) em crianças e adolescentes, por meio da utilização do teste de campo de corrida/caminhada de 9 minutos. Para tanto, foram avaliados 211 escolares, de sete a 12 anos de idade, de ambos os sexos, regularmente matriculados em duas escolas do Município de Londrina – PR, sendo 141 escolares separados para amostra de desenvolvimento e 70 para validação das equações desenvolvidas. Foram realizadas medidas de massa corporal, estatura, espessuras de dobras cutâneas (tricipital e subescapular), e posteriormente calculado o índice de massa corporal (IMC), além da avaliação maturação biológica. Como indicador da ACR os escolares realizaram o teste de campo corrida/caminha de 9 minutos. A análise direta do pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico} em mL/kg/min) foi realizada em laboratório, com analisador de gás portátil, através um teste incremental em esteira rolante. O desenvolvimento das equações foi realizado através da análise de regressão linear pelo método stepwise e a validação foi realizada pelos testes matemáticos específicos levando em consideração uma significância de 5% para todas as análises. A equação geral para a amostra total foi $VO_{2pico} = 24,506 + 16,672$ (maturação, 0=pré e 1=púbere e pós) – 0,346 (Σ DC) + 5,187 (sexo, 0=F e 1=M) + 0,009 (distância) que apresentou $r=0,742$ e $EPE=9,149$ mL/kg/min e sua validação apresentou $r=0,570$, $CCI=0,68$, limites de concordância de -1,4 mL/kg/min, $EPE=8,39$ mL/kg/min e $CV= 21,94\%$, e a equação que obteve melhor representação foi a desenvolvida para púberes e pós-púberes sendo $VO_{2pico} = 41,899 - 0,348$ (Σ DC) + 7,144 (sexo, 0=F e 1=M) + 0,008 (distância) com um $r=0,83$ e $EPE=5,39$ mL/kg/min e a validação $r=0,70$, $CCI=0,82$, limites de concordância de -0,18 mL/kg/min, $EPE= 5,57$ mL/kg/min e $CV= 12,18\%$. Conclui-se que a equação generalizada desenvolvida fornece uma estimativa válida do VO_{2pico} em crianças e adolescentes de sete a 12 anos de idade.

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio. Teste de campo. Equação de regressão.

PALUDO, Ana Carolina. **Development and validation of a mathematical models to estimate the VO_2 peak through running/walk 9 minutes test in children and adolescents.** 2012. 87 f. Dissertation (Master in Physical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

The present study was aim to develop and validate mathematical models for predicting cardiorespiratory fitness (CRF) in children and adolescents through the use of field test 9 minute run/walk. Thus, we assessed 211 schoolchildren from seven to 12 years old, of both sexes, enrolled in two schools in Londrina-PR, 141 school separate development sample and 70 for validation of the equations developed. Measurements of body weight, height, skinfold thickness (triceps and subscapular) were made, and then calculated the body mass index (BMI), and by evaluating biological maturation. As an indicator of CRF schoolchildren performed the field test 9 minute run/walk. Direct analysis of peak oxygen consumption (VO_2 peak in mL/kg/min) was performed in a laboratory with a portable gas analyzer, through an incremental test on a treadmill. The development of the equations was performed by specific mathematical taking into account a 5% significance for all analyzes. The general equation for the total sample was $VO_2\text{peak} = 24.506 + 16.672$ (maturation, 0=pre and 1= pubertal and post) – 0.346 (Σ SF)+ 5.187 (sexes, 0=F and 1=M) + 0.009 (distance) which showed $r=0.742$ and $SEE=9.149$ mL/kg/min and its validation showed $r=0.570$, $ICC=0.68$, limits of agreement of -1.4mL/kg/min, $SEE=8,39$ mL/kg/min e $CV=21,94\%$ and the equation that had the best representation was developed for pubertal and pos pubertal being $VO_2\text{peak}= 41.899- 0.348$ (Σ SF) + 7.144 (sexes, 0=F and 1=M) + 0.008 (distance) which showed $r=0.83$ and $SEE= 5.39$ mL/kg/min and its validation showed $r=0.70$, $ICC= 0.82$, limits of agreement of -0.18 mL/kg/min, $SEE=5,57$ MI/kg/min and $CV=12,18\%$. It is concluded that the generalized equation developed provides a valid estimate VO_2 peak in children and adolescents from seven to 12 years of age.

keywords: Maximum oxygen consumption. Field test. Regression equation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 REVISÃO DA LITERATURA	16
4.1 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES	16
4.1.1 Comportamento da Aptidão Cardiorrespiratória durante o Crescimento e Desenvolvimento	17
4.1.2 Fatores Determinantes da Aptidão Cardiorrespiratória	21
4.2 AVALIAÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA	23
4.2.1 Métodos de Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória	25
4.2.1.1 Método Direto do VO_2 máx	25
4.2.1.2 Método Indireto do VO_2 máx	27
4.3 TESTES DE CAMPO	28
4.4 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES	34
4.5 TESTE DE CAMPO DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS	40
5 MÉTODOS	42
5.1 SUJEITOS	42
5.2 SEPARAÇÃO DA AMOSTRA	43
5.3 ANTROPOMETRIA	43
5.4 ESPESSURA DE DOBRAS CUTÂNEAS	43
5.5 AVALIAÇÃO MATURACIONAL	44
5.6 TESTE DIRETO	44
5.7 TESTE DE CAMPO DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS	45

5.8 CONTROLE E QUALIDADE DOS DADOS.....	45
5.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	46
6 RESULTADOS	48
6.1 CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DA AMOSTRA	48
6.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS INTERVENIENTES NO VO_{2PICO}	51
6.3 DESENVOLVIMENTO DA EQUAÇÃO PARA ESTIMATIVA DO VO_{2PICO}	52
6.4 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DO VO_{2PICO}	55
7 DISCUSSÃO.....	61
7.1 QUALIDADE DOS DADOS	61
7.2 DESENVOLVIMENTO DAS EQUAÇÕES.....	63
7.3 VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO.....	66
8 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS.....	70
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	78
ANEXOS	81
ANEXO A –Comitê de ética.....	82
APÊNDICES	83
APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	84
APÊNDICE B – Ficha de avaliação da maturação sexual.....	86

1 INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória (ACR), componente da aptidão física tanto voltado à saúde quanto ao desempenho, vem sendo amplamente apontada na literatura como uma variável importante para a saúde na população adulta, ao passo que níveis adequados desse componente estão associados com baixos riscos de doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas¹. Em populações pediátricas o mesmo benefício pode ser observado, apontando que índices satisfatórios desse componente estão relacionados com baixos valores de adiposidade abdominal e total, perfil cardiovascular saudável e baixos escores metabólicos²⁻⁴.

Assim, para quantificar a ACR a medida de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) vem sendo apontada como parâmetro de potência aeróbia⁵ e sua determinação pode ser realizada de forma direta e indireta. A medida direta é realizada através de equipamentos de espirometria ou calorimetria indireta, caracterizados pela mensuração dos gases envolvidos na ventilação pulmonar durante testes progressivos e máximos.

Para a realização da medida direta há necessidade de ambiente laboratorial e avaliadores especializados, envolvendo equipamentos de alto custo operacional e o fato de avaliar somente um indivíduo por vez, restringe sua utilização em larga escala⁶.

Nesse sentido pode-se recorrer a métodos indiretos, que estimam os valores de $VO_{2máx}$ baseados em testes de campo, no qual proporcionam a estimativa do $VO_{2máx}$ por meio de modelos matemáticos desenvolvidos e validados em populações específicas, apresentando como vantagem o baixo custo operacional, a fácil administração, a avaliação de um grande número de sujeitos simultaneamente e propicia ao avaliado realizar o teste no ambiente em que está habituado. Por outro lado, algumas variáveis são de difícil controle como a carga imposta, interferências ambientais e por não ser uma avaliação direta o erro de medida pode torna-se maior⁷.

Os testes de campo mais utilizados pela literatura para avaliar a ACR em crianças e adolescentes são as corrida/caminha de nove e 12 minutos; corrida/caminhada de 1 milha e 1/2 milha, e o teste *shuttle run* de 20 metros. O

resultado fornecido, seja em distância percorrida ou em tempo realizado, é inserido em um modelo matemático de regressão específico para a população estudada, o qual fornece um valor estimado de consumo máximo de oxigênio.

No Brasil, um dos testes de campo mais utilizados para avaliar a ACR em crianças e adolescentes é o teste de corrida/caminhada de 9 minutos (teste de 9 minutos). Esse teste tem sido utilizado como uma adaptação do teste de 12 minutos de Cooper para crianças com menos de 12 anos de idade⁸, além de representar uma alternativa para a classificação da ACR por baterias de testes internacionais⁹ e nacionais^{7,10} e pelos pontos de corte para triagem de fatores de riscos, sugeridos recentemente por Bergman e col.¹¹ para jovens brasileiros. Porém, o resultado final desse teste é expresso pela distância total percorrida, não havendo ainda na literatura um modelo matemático que converta seus resultados em valor estimado de $VO_{2m\acute{a}x}$.

2 JUSTIFICATIVA

Frente ao grande interesse da comunidade científica pelas questões relacionadas à ACR em jovens e sua implicação na idade adulta¹² e aliado a necessidade de encontrar alternativas acessíveis e de baixo custo para sua avaliação, diversos testes de campo foram criados e incluídos em baterias de testes de aptidão física relacionada à saúde para crianças e adolescentes.

Desenvolvido como uma adaptação do teste de 12 minutos de Cooper⁸, o teste de 9 minutos vem sendo aplicado em diversos estudos brasileiros com a finalidade de avaliar crianças ou adolescentes até os 12 anos de idade, tanto pela sua simplicidade de execução, baixo custo operacional, visto que não utiliza equipamentos caros e sofisticados, além de possibilitar a avaliação de vários sujeitos ao mesmo tempo, o que viabiliza a execução de estudos com grandes amostras mostrando-se como uma alternativa em ambientes escolares e clubes.

Contudo, um fator que limita a interpretação final ao contrário dos testes criados para essa função, o teste de 9 minutos não apresenta uma forma de expressão em valor de $VO_{2máx}$, ou seja, não existe ainda na literatura um modelo matemático que converta a distância percorrida no teste em valor de predição do consumo máximo de oxigênio.

Modelos matemáticos de equações de regressão apresentam como princípio a predição de um componente (nesse caso a ACR) avaliado de maneira indireta. Assim, quanto mais específica for a equação menor será seu erro de predição quando comparado ao valor real (medida direta). Uma equação desenvolvida especificamente para a faixa etária envolvida no teste de 9 minutos auxiliaria na interpretação dos resultados obtido pelo teste em valores absolutos ou relativos de consumo máximo de oxigênio, na comparação dos escores com outros testes de campo que também estimam o $VO_{2máx}$ e na comparação entre os resultados do próprio indivíduo em diferentes períodos e/ou após processos de intervenção.

Ao se obter valores estimados de $VO_{2máx}$, é possível também realizar além do ajuste pela proporção padrão (massa corporal), ajustes em relação a massa corporal magra, além da possibilidade do desenvolvimento de expoentes alométricos,

os quais auxiliariam em uma melhor interpretação do componente aeróbio, minimizando a influência corporal nos escores finais do consumo máximo de oxigênio.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

– Desenvolver e validar modelos matemáticos para estimativa do consumo pico de oxigênio em escolares de sete a 12 anos de idade por meio do teste de 9 minutos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

– Desenvolver modelos matemáticos para estimativa do consumo pico de oxigênio em escolares;

– Validar modelos matemáticos desenvolvidos para a estimativa do consumo pico de oxigênio em escolares;

– Analisar a reprodutibilidade do teste de corrida e/ou caminhada de 9 minutos.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES

A aptidão física, em um contexto global, está relacionada à capacidade de um indivíduo de realizar atividade física, sendo esta definida como qualquer movimento corporal produzido pela ação da musculatura esquelética e que eleve o gasto energético acima dos valores de repouso. Atualmente, a aptidão física pode ser considerada um importante marcador de saúde, pois engloba a maioria das funções corporais como a músculo-esquelética, cardiorrespiratória, pulmonar, circulatória, neurológica, endócrino-metabólica⁴.

Entre os componentes da aptidão física, a aptidão cardiorrespiratória (ACR) vem recebendo considerável destaque, sendo amplamente estudada, tanto em relação ao desempenho atlético quanto voltada à saúde. A ACR também chamada de aptidão aeróbia, pode ser conceituada como a capacidade de fornecer oxigênio aos músculos e de utilizá-lo para o fornecimento de energia durante os exercícios, o que pode ser influenciada por componentes pulmonares, cardiovasculares e hematológicos além de mecanismos oxidativos dos próprios músculos ativados durante a prática do exercício físico¹³.

A aptidão cardiorrespiratória vem sendo amplamente estudada e a literatura tem apontado uma associação entre a atividade física, aptidão física e desfechos de saúde. Níveis elevados de ACR estão relacionados a riscos reduzidos de morbidade e mortalidade por todas as causas na população adulta¹. No caso de crianças e adolescentes, valores elevados nos indicadores cardiorrespiratórios estão inversamente associados com fatores de risco para doenças cardiovasculares como a obesidade, a pressão arterial elevada, as dislipidemias e resistência à insulina^{2,3}. Estudos apontam ainda o relacionamento positivo entre valores elevados de consumo de oxigênio com desempenho em disciplinas de matemática e escrita¹⁴, desempenho cognitivo além de aspectos relacionados a testes específicos de leitura em escolares¹⁵

Para quantificar a ACR, um dos indicadores mais utilizados na literatura é o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), que pode ser definido como a mais alta taxa

de oxigênio que um indivíduo consegue consumir durante o exercício⁵, sendo a potência aeróbia o índice que melhor representa esta variável. Para chegar a um valor de $VO_{2máx}$ existem diversos protocolos de medida que variam tanto na vertente da saúde, quanto no treinamento de alto rendimento, sendo esses protocolos bem esclarecidos na população adulta. Quando o foco é a população jovem, não se pode atribuir os mesmos protocolos, pois as respostas fisiológicas ao componente cardiorrespiratório variam durante o processo de crescimento e desenvolvimento, o que pode gerar conflitos na interpretação da ACR, sendo assim um importante alvo de interesse da comunidade científica¹⁶.

As mudanças ocorridas no decorrer da idade, na fase de crescimento, desenvolvimento e maturação em jovens, nos componentes que determinam o $VO_{2máx}$ será melhor elucidada na sequência.

4.1.1 Comportamento da Aptidão Cardiorrespiratória Durante o Crescimento e Desenvolvimento

Durante o período da infância e adolescência, o indivíduo é exposto a transformações nas variáveis intervenientes do $VO_{2máx}$, como coração, pulmões e músculos, além do aperfeiçoamento de gestos motores e coordenativos. O comportamento das variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas, estão ligados a ACR e o seu desenvolvimento é facilmente notado durante este período pubertário.

Destaca-se que durante este período pubertário várias modificações podem ser notadas, como dos parâmetros cardiovasculares, os quais apresentam menores valores de volume sistólico de ejeção (tanto em repouso quanto em atividade), menores valores de débito cardíaco (para todos os níveis de intensidade de exercício) e valores mais elevados na diferença arteriovenosa (para compensar o menor débito cardíaco) apresentados pelas crianças em relação ao indivíduo adulto¹⁷⁻¹⁹. No que diz respeito aos aspectos ventilatórios, os volumes e capacidades pulmonares apresentam aumento até o final do crescimento¹⁷. E com relação aos aspectos metabólicos, verifica-

se que a população pediátrica apresenta uma menor capacidade anaeróbia¹⁷ e uma maior capacidade de utilização do metabolismo aeróbio²⁰.

Assim, espera-se que os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ aumentem conforme a criança apresente um crescimento normal¹⁹. Porém, ao se tratar da população jovem, deve-se analisar com cautela os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$, principalmente na sua forma de expressão.

Quando expresso em sua forma absoluta, ou seja, em litros por minuto (L/min) relatos na literatura apontam a um aumento linear do $VO_{2m\acute{a}x}$ com a idade em jovens de ambos os sexos. Em um clássico artigo de revisão, Armstrong e Welsman²¹ reuniram dados de VO_2 pico de aproximadamente 10 mil sujeitos, tanto transversais quanto longitudinais, de meninos e meninas com idades entre 8 e 16 anos, não treinados, confirmando esse aumento linear do VO_2 pico, e com valores mais elevados nos meninos aproximadamente aos 10 anos de idade.

Mas sabe-se que o aumento do $VO_{2m\acute{a}x}$ é influenciado pelo crescimento do tamanho corporal, sendo essencial o controle da massa corporal, no qual pode-se expressar a potência aeróbia com a razão de mililitros de oxigênio por quilograma de massa corporal por minuto (mL/kg/min) conhecido como proporção padrão. Assim, quando controlado a influência da massa corporal, nota-se uma modificação na linearidade do aumento do $VO_{2m\acute{a}x}$ em razão da idade em ambos os sexos. Os meninos tem apresentado valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ estável até a adolescência, para as meninas observa-se uma diminuição progressiva desses valores. Entretanto, os meninos apresentam valores elevados em todas as idades^{13,19}.

A proporção padrão porém não consegue remover os efeitos do tamanho corporal no $VO_{2m\acute{a}x}$, favorecendo os indivíduos mais “magros” e desfavorecendo os mais “gordos”, pelo fato da potência aeróbia não apresentar uma simetria proporcional ao crescimento da massa corporal, especialmente no período da infância e adolescência, sendo o aumento da massa corporal maior do que a relação evolutiva do $VO_{2m\acute{a}x}$ ^{22,23}.

Dessa forma, na tentativa de melhor compreender e interpretar o comportamento a ACR em crianças e adolescentes, pesquisadores da área têm

adotando ajustes matemáticos para o controle dos efeitos do crescimento e maturação, denominado alometria.

A alometria dedica-se ao estudo da relação do tamanho e do desempenho adaptativo dos seres vivos, cujas implicações são bem evidentes no domínio estrutural, fisiológico, comportamental e ecológico²⁴, sendo a massa corporal geralmente utilizada como unidade de tamanho, pela facilidade que pode ser mensurada. A alometria procura descrever a existência de uma relação entre duas variáveis x e y , sendo expressa pela seguinte equação: $Y = a M^b$

No qual em sua essência analítica, o Y é a variável dependente cujo aumento é considerado relativamente ao da outra variável; M é a variável independente, que nesse caso refere-se massa corporal; a é o coeficiente de proporcionalidade, correspondente ao valor na ordenada quando M é igual a 1 e b é a inclinação da reta, que indica a extensão e a direção da relação entre as mudanças na variável Y e a massa corporal. Se Y aumenta em proporção direta à massa corporal, então $b = 1$. Se a massa corporal não tem efeito sobre Y , ou seja, a variável independe da massa corporal, $b = 0$. Se Y aumenta concomitantemente com o aumento da massa corporal, mas em ritmo inferior, então b será maior que 0 e menor que 1, e por fim, se Y diminui à medida que a massa aumenta b será negativo¹⁹. Assim, o expoente alométrico pode ser utilizado para minimizar a influência da massa corporal nas variáveis fisiológicas estudadas²⁵.

As leis da alometria referem-se as leis de similaridade geométrica, que são baseadas em especulações teóricas, no qual as comparações intra-indivíduos seriam $b = 2/3$ e $b = 3/4$ entre indivíduos²⁶. Heil²⁷ sugere que o expoente teórico $2/3$ no qual equivale a 0,67 pode se ajustar melhor em amostras mais homogêneas e o valor $3/4$ (0,75) para amostras heterogêneas.

Partindo da análise de Heil²⁷, vários estudos procuraram ajustar o $VO_{2máx}$ por expoentes alométricos, que pode ser o valor de 0,67 ou outros valores desenvolvidos a partir da própria amostra. Ao ser ajustado alometricamente à massa corporal, o $VO_{2máx}$ apresenta algumas diferenças em relação a ACR em ambos os sexos. Welsman e col.²⁸ usando ambas proporção padrão e análise alométrica para remover a influência da massa corporal encontrou divergências nos resultados de

indivíduos de 11 a 23 anos de ambos os sexos. No sexo masculino, as análises convencionais de razão foram ao encontro com os achados da literatura, não apresentando nenhuma diferença significativa entre os grupos etários.

Por outro lado, com base em análises alométricas, aumentos progressivos e significantes foram identificados no VO_{2pico} indicando que com relação ao tamanho corporal, o VO_{2pico} nos meninos aumentou durante o crescimento ao invés de permanecer estável. Para as meninas, o VO_{2pico} de acordo com os dados da escala de razão, não apresentou nenhuma alteração da pré-puberdade até em torno da puberdade, mas uma redução significativa da puberdade até a idade adulta ao passo que os ajustes alométricos revelaram que o VO_{2pico} das meninas aumentou consideravelmente na puberdade sem nenhum declínio subsequente na idade adulta.

Desse modo, quando ocorre uma variação no tamanho dos indivíduos envolvidos no estudo, a margem de erro produzido pelo uso da massa corporal como forma de ajuste do $VO_{2máx}$ ou pico torna-se grande. Para melhor compreensão, Milano e col.²⁹ investigaram o $VO_{2máx}$ em indivíduos obesos e não-obesos usando o método de correção pela massa corporal (convencional) e escala alométrica e encontraram nos indivíduos obesos um $VO_{2máx}$ mais baixo do que nos não-obesos, quando avaliados pelo método convencional. Entretanto, quando aplicado a escala, as diferenças desapareceram, permitindo a conclusão que o tamanho corporal influencia diretamente a análise do $VO_{2máx}$ em jovens.

Outra questão a ser analisada em relação a alometria é o expoente alométrico. Um trabalho de Beunen e col.³⁰ com meninos de oito a 16 anos de idade, procurou verificar o desenvolvimento do coeficiente alométrico intraindividual do VO_{2pico} pela massa corporal e como resultado encontrou uma ampla variação, entre $b=0,55$ e $b=1,17$, com um valor médio de $b=0,85$, sendo que cerca de 90% dos meninos estudados tiveram seu coeficiente alométrico menor que 1,00, confirmando a evidência de que a tradicional proporção padrão possui limitações. Lourenzi³¹, pode concluir em seu estudo que o grau de associação entre as variáveis aumenta significativamente quando o $VO_{2máx}$ é expresso em expoentes de massa corporal menor que 1, ao analisar escolares de 10 a 14 anos de ambos os sexos.

4.1.2 .Fatores Determinantes da Aptidão Cardiorrespiratória

O estudo da ACR merece ser realizado e interpretado com cautela, levando em consideração os diversos fatores que possam influenciar nos valores finais de potência aeróbia. Esta cautela fica mais evidente ainda na população jovem, a qual está exposta à variações no período de crescimento, bem como às condições ambientais e a investigação das possíveis variáveis determinantes do $VO_{2máx}$ torna-se de fundamental importância.

Os fatores determinantes da ACR em jovens podem ser tanto de caráter biológico, no qual compreende a idade cronológica, o sexo, a maturação, a hereditariedade e a composição corporal¹⁹, quanto de caráter comportamental como a nutrição, a motivação, a experiência prévia com testes motores, a percepção subjetiva do esforço, o nível de atividade física entre outros³².

As alterações no $VO_{2máx}$ acerca da idade cronológica parecer ser fortemente evidenciada na literatura, sendo relatado que com o passar dos anos à um aumento progressivo e linear no componente cardiorrespiratório, em ambos os sexos. Esse aumento durante a infância e adolescência pode ser explicado pelas alterações nos componentes pulmonares, cardiovasculares e respiratórios, os quais fazem parte da captação e transporte de oxigênio e dos mecanismos oxidativos da musculatura durante o exercício³².

Quando a análise é realizada separadamente por sexo, observa-se que os meninos apresentam maiores valores que as meninas em todas as idades, sendo essas diferenças mais acentuadas durante o período da puberdade^{33,34}. Segundo alguns autores³⁵⁻³⁷, o comportamento do $VO_{2máx}$ em relação às diferenças entre a idade e sexo podem ser oriundas do processo de maturação, no qual os meninos tendem a aumentar sua massa muscular e as meninas, ao contrário, aumentam sua massa corporal gorda.

A maturação, caracterizada por um processo evolutivo do indivíduo, parece exercer um papel fundamental no comportamento do $VO_{2máx}$ de crianças e jovens. Malina e col.³⁸ verificaram em meninos e meninas a relação entre o $VO_{2máx}$ e a maturação sexual, e como principal achado os autores encontraram que entre os

meninos precocemente maduros os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ absoluto são mais altos em todos os testes enquanto as meninas, de maturação precoce ou média, possuíam valores mais elevados de $VO_{2m\acute{a}x}$ do que as de maturação tardia, sugerindo assim que o desenvolvimento da aptidão aeróbia durante a puberdade segue paralelo ao da maturação sexual. Esse achado é suportado por outros estudos que confirmam a influência do processo de maturação nos valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ ³⁹.

Em relação à influência ou não da etnia na determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ na população pediátrica, até o presente momento não há um consenso na literatura. McMurray e col.³³ investigaram crianças e adolescentes americanos africanos e caucasianos de oito a 16 anos e encontraram valores mais elevados de $VO_{2m\acute{a}x}$ na forma absoluta (L/min) nos jovens americanos africanos, em ambos os sexos, porém quando os valores foram apresentados relativos à massa corporal (mL/kg/min), a situação se inverteu, com maiores valores atribuídos aos jovens caucasianos, sendo explicado pela menor massa corporal e adiposidade subcutânea encontrada nos caucasianos.

Apresentando os mesmos achados, Trowbridge e col.⁴⁰ ao investigarem crianças pré-púberes de cinco a 10 anos de idade pertencentes às mesmas etnias estudadas anteriormente, encontraram resultados conflitantes, com valores absolutos de VO_{2pico} 15% mais baixos nos americanos africanos, independente da composição corporal e gasto energético. Outros estudos também encontraram valores discrepantes de VO_{2pico} para jovens de 10 a 15 anos de duas etnias diferentes^{41,42}. Por outro lado, não foram verificadas diferenças no VO_{2pico} entre crianças norueguesas e tanzanianas, de nove a 10 anos⁴³.

Quanto a contribuição genética na ACR, ainda não pode ser inferido nenhuma afirmação. Alguns estudos apresentam uma contribuição significativa dos fatores hereditários, ao passo que outros afirmam que a contribuição da hereditariedade pode contribuir, porém não é um fator determinante, como no caso o estudo de Bouchard e col.⁴⁴ analisando o Estudo da Herança Familiar com indivíduos de descendência caucasiana, encontraram que o genótipo pode explicar aproximadamente 50% da variância nos valores do VO_{2pico} . Para corroborar com os achados, Maes e col.⁴⁵ estudaram 105 pares de gêmeos (10 anos de idade) e seus pais e investigaram a

participação da hereditariedade nos componentes da aptidão física por meio de nove testes motores e medidas de dobras cutâneas. Verificou-se uma contribuição moderada a alta da hereditariedade, com ligeiro destaque para os componentes da aptidão física relacionada à saúde.

A composição corporal parece ser um forte determinante do $VO_{2m\acute{a}x}$, tendo a massa magra como o componente de destaque. No que tange especificamente a gordura corporal, Rowland¹⁷ afirma que o tecido adiposo pode reduzir o valor do VO_{2pico} por quilograma, atuando como um tecido insignificante para o desempenho aeróbio, mas que aumenta o valor do denominador na relação mL/kg/min. Essa pode ser uma possível explicação para a queda dos valores de VO_{2pico} nas meninas durante a infância.

Nessa perspectiva, diversos estudos procuraram verificar as possíveis alterações na ACR em crianças e adolescentes associadas por modificações na adiposidade corporal no qual, em sua grande maioria, os resultados mostraram uma tendência à redução no desempenho do teste motor explicada por valores elevados de gordura corporal⁴⁶⁻⁴⁸. Assim, quando se trata da comparação e interpretação de dados da ACR de crianças e adolescentes não se pode desprezar o comportamento dos diferentes componentes da composição corporal.

4.2 AVALIAÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

A ACR pode ser conceituada como a capacidade de fornecer oxigênio aos músculos e utilizá-lo para o fornecimento de energia durante os exercícios e portanto, depende dos componentes pulmonares, cardiovasculares e hematológicos do fornecimento de oxigênio e dos mecanismos oxidativos dos músculos em exercícios¹³. Para sua quantificação, um índice que vem sendo amplamente utilizado e reconhecido em jovens e adultos é o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$), que pode ser traduzido com a mais alta taxa de oxigênio que um indivíduo consegue consumir durante o exercício⁵.

O $VO_{2m\acute{a}x}$ expressa uma medida de potência aeróbia, ou seja, refere-se à quantidade máxima de energia que pode ser produzida pelo metabolismo aeróbio por

determinada unidade de tempo. A potência aeróbia muitas vezes é confundida ou tratada como sinônimo de capacidade aeróbia, que representa a quantidade total de energia que pode ser fornecida pelo sistema aeróbio, sendo melhor avaliada pelas respostas de lactato sanguíneo⁷.

Para a determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$, o critério que tem sido utilizado é o estabelecimento de um platô de consumo de oxigênio (VO_2). Hill e col.⁴⁹ observaram que a resposta do VO_2 é linear e progressiva de acordo com a intensidade do exercício até um ponto no qual o VO_2 se estabiliza. Essa estabilização ficou conhecida como platô de VO_2 , no qual o exercício será sustentado não mais pelas fontes aeróbias de fornecimento de energia, mais sim anaeróbias.

Porém, muitos pesquisadores tem questionado tanto o conceito teórico quanto metodológico do platô de VO_2 , com constantes debates sobre a validade deste tradicional modelo⁵⁰. Uma limitação do estabelecimento de um platô de VO_2 é sua utilização como critério de determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ na população pediátrica.

Astrand⁵¹ foi um dos primeiros pesquisadores a observar que muitas crianças e adolescentes completavam os testes de exercícios progressivos até a exaustão sem apresentar uma estabilização no VO_2 . Posteriormente, outros estudos realizados corroboram com os achados de Astrand⁵¹, mostrando que apenas a minoria dos jovens apresentaram um platô de VO_2 durante exercício progressivo e incremental^{52,53}.

As principais causas apontadas na literatura para o fato da população jovem não conseguir atingir o plato de VO_2 seriam a falta de motivação para a realização de um teste progressivo até a exaustão e a baixa capacidade anaeróbia encontrada principalmente durante o período da infância, o que dificultaria a manutenção do trabalho muscular de alta intensidade nos minutos finais do exercício⁵⁴.

Sendo assim, como muitas crianças e adolescentes não conseguem atingir o platô de VO_2 , critérios menos rigorosos têm sido estabelecidos para a determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$. Com isso, o mais alto valor de VO_2 obtido pelo indivíduo durante o teste progressivo até a exaustão (VO_2 pico ou pico de VO_2), ficou sendo considerado para descrever os valores de potência aeróbia em jovens⁵².

Para a determinação do VO_2 pico, os principais parâmetros fisiológicos adotados compreendem os sistemas claros de cansaço, o aumento do VO_2 inferior a 150 mL/min ou dois mL/kg/min nos estágios finais do exercício, o monitoramento da frequência cardíaca próxima dos 200 batimentos por minuto, uma razão de trocas respiratórias próximas ou superior a um e a exaustão voluntária. Assim, com o estabelecimento de um ou mais desses parâmetros pode-se considerar que um indivíduo realizou um teste de esforço máximo^{13,16}.

Ao verificar a validade desses parâmetros na determinação do VO_2 pico, a maioria dos estudos não encontraram diferenças significantes entre os parâmetros de VO_2 , frequência cardíaca, razão de trocas respiratórias e concentrações de lactato sanguíneo, no momento do término do exercício, entre aqueles que demonstraram um platô de VO_2 e os que não apresentaram este comportamento^{55,52,54}.

4.2.1 Métodos de Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória

Como já mencionado, para quantificar a ACR em uma população jovem deve-se obter valores de $VO_{2máx}$ ou pico. Para tornar possível, os testes motores que envolvem caminhadas e corridas de longa distância são os mais recomendados, pelo fato de envolver um grupo muscular específico com as solicitações motoras das atividades do cotidiano e por exigirem esforços máximos dos avaliados⁷.

Existem na literatura protocolos que determinam as informações do componente cardiorrespiratório por meio de medida direta e também protocolos considerados indiretos, que envolvem valores preditos geralmente obtidos por testes de campo. A explicação dos métodos diretos e indiretos será descrita abaixo.

4.2.1.1 Método Direto de Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória

O método direto para avaliação do $VO_{2máx}$ consiste na mensuração das trocas gasosas respiratórias realizadas pelo indivíduo quando este é submetido a um teste de esforço progressivo e máximo. Para tanto, são determinados os volumes de oxigênio (VO_2) e de dióxido de carbono (VCO_2) envolvidos na ventilação pulmonar⁵⁶.

Esse sistema de análise de gases metabólicos é considerado preciso e exato, apresentando boa concordância com o método da bolsa de Douglas, considerado “padrão ouro” para esse fim.

Para a determinação dos gases envolvidos na ventilação pulmonar, utiliza-se equipamentos de ergoespirometria. A avaliação realizada por este método é conduzida em ambiente laboratorial permitindo assim o maior controle das variáveis que podem eventualmente interferir nas respostas e nos indicadores fisiológicos durante o teste como a temperatura e a umidade do ambiente e a motivação e concentração do avaliado, além da utilização de ergômetros que garantem maior confiabilidade nos resultados, pois permite o controle da intensidade do teste⁷.

A determinação direta do $VO_{2máx}$ pode ser realizada em qualquer tipo de ergômetro e protocolo de teste. Porém, torna-se indispensável a calibração dos equipamentos antes do início de cada teste, por conta da sensibilidade dos espirômetros⁷.

Ao avaliar crianças e adolescentes alguns aspectos merecem ser levados em consideração, como por exemplo a escolha do ergômetro para o teste. No caso do ergômetro de banco, crianças “mais novas” apresentam certa dificuldade em subir os degraus em ritmo determinado além da limitação da diferença no comprimento das pernas, não sendo indicado para jovens³⁵.

A esteira e o cicloergômetro parecem ser mais indicados, porém os resultados entre eles são contrastantes. O trabalho realizado na esteira envolve uma maior quantidade de grupamentos musculares do que no cicloergômetro ocorrendo, como apresentado em alguns trabalhos, valores de $VO_{2máx}$ mais elevados em testes realizados em esteira quando comparado ao cicloergômetro⁵⁷. Para analisar os protocolos realizados em esteira, aqueles que envolvem corrida fornecem valores superiores de $VO_{2máx}$ comparados aos protocolos de caminhada³⁵.

Em resumo, a utilização do método direto de avaliação do $VO_{2máx}$ permite uma medida mais exata e precisa, obtendo melhores resultados em estudos científicos e um maior controle das variáveis analisadas, bem como o controle do ambiente de realização dos testes. Entretanto, a análise direta possui algumas limitações que devem ser destacadas, como a inviabilidade do seu uso em estudos de

base populacional e em alguns ambientes como escolas ou clubes. Além do alto custo e complexidade na operação e manutenção dos equipamentos, a necessidade de profissionais qualificados para a aplicação dos testes e maior tempo despendido na coleta das informações, o que prolongaria demais estudos com grades amostras⁷.

4.2.1.2 Método Indireto de Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória

Na impossibilidade de avaliar o $VO_{2máx}$ pelo método direto, uma alternativa é a determinação pelo método indireto no qual são realizadas estimativas dos valores de $VO_{2máx}$ por meio de modelos matemáticos construídos especificamente para esta finalidade. O pressuposto teórico do método indireto é a suposta relação linear existente entre a intensidade do trabalho muscular e as respostas fisiológicas de frequência cardíaca e do consumo de oxigênio durante exercícios progressivos e máximos. Assim, a medida que o trabalho muscular e a frequência cardíaca aumentam, entende-se que o avaliado está consumindo maior quantidade de oxigênio⁷.

Os testes utilizados para a predição do $VO_{2máx}$ podem ser realizados em ergômetros de esteira, bicicleta, banco entre outros, assim como no método direto, ou ainda a avaliação pode ser realizada com protocolos de campo. Os testes de campo para avaliação do $VO_{2máx}$ de maneira indireta são os mais utilizados nos estudos envolvendo geralmente exercícios de caminhada, corrida, ciclismo e natação.

As principais vantagens dos testes de campo são o baixo custo operacional, pois não necessita de equipamentos sofisticados e laboratórios, além de serem facilmente administrados e os protocolos podem ser máximos e submáximos o que diminui riscos no caso de populações especiais, permitindo ainda avaliar um grande número de sujeitos simultaneamente economizando tempo na realização de pesquisas de caráter populacional, além do fato do avaliado realizar o teste em ambiente natural, no qual está familiarizado⁵⁸⁻⁶⁰. Por outro lado, o teste de campo apresenta maior erro de medida quando comparado com testes diretos pelo fato dos valores de $VO_{2máx}$ serem estimados por modelos matemáticos, no qual a escolha da equação deve ser de acordo com a população estudada. Outro fator importante é a

dificuldade de controlar as cargas impostas no teste, uma vez que dependem da percepção subjetiva do avaliado, além do menor controle das influências ambientais⁷.

4.3 TESTE DE CORRIDA/CAMINHADA

Os testes de campo que envolvem corrida e/ou caminhada são os mais utilizados na literatura, especialmente em estudos envolvendo crianças e adolescentes. São protocolos com tempo ou distâncias pré estabelecidos, contínuos ou intermitentes, com velocidades progressivas a cada estágio, em distâncias fixas, registrando-se o estágio no qual o sujeito apresentou exaustão voluntária⁷.

Diferentes protocolos para avaliar a ACR em crianças e adolescentes estão inseridos em baterias de testes relacionados a aptidão física, tanto voltado a saúde quanto ao desempenho. Dentre as baterias internacionais, destaca-se a europeia *Eurofit*⁶¹ e as americanas *Fitnessgram*⁶² desenvolvida pelo Instituto Cooper e a *Physical Best* da AAHPERD⁹, entre outras baterias de diferentes nacionalidades. Os principais testes de campo, utilizados pelas baterias, são o *shuttle run* de 20 metros⁶³, as corridas de ½ e 1 milha⁹, corridas/caminhadas de 9 minutos e 12 minutos⁸.

No Brasil vem crescendo o número de estudos científicos que investigam a ACR em jovens, para diferentes finalidades, utilizando os protocolos de campo propostos por diferentes baterias de testes. A tabela 1, apresenta os testes mais utilizados nos últimos 5 anos em estudos originais publicados em periódicos nacionais, dissertações e teses específica da área, utilizados para avaliar a ACR de crianças e adolescentes.

Tabela 1 – Estudos que utilizaram testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes Brasileiros

Autor (ano)	Periódico Publicado	Sujeitos	Teste
Alves ¹	Dissertação de Mestrado UFPR-PR	Meninos= 387 Meninas= 348 12-14 anos	Shuttle run de 20 metros
Bojikian et al. ²	Revista Brasileira de Ciência e Movimeto	Meninas= 118 11-15 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos

Tabela 1 – Estudos que utilizaram testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes Brasileiros (continuação)

Autor (ano)	Periódico Publicado	Sujeitos	Teste
Garlipp ³	Dissertação de Mestrado UFRGS-RS	Meninos=98 Meninas= 114 7-14 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Silva ⁴	Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano	Meninos= 191 Meninas=212 14,49-17,50 anos	Corrida/caminhada de 1600 metros
Bacciotti ⁵	Dissertação de Mestrado Universidade de Brasília- DF	Meninos=58 Meninas=28 8-17 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Ronque et al. ⁶	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos=274 Meninas=237 7-10 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Stabelini Neto ⁷	Dissertação de Mestrado UFPR-PR	Meninos=121 Meninas=128 12-16 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Stabelini Neto et al. ⁸	Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano	Meninos=189 8-17 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros

Tabela 1 – Estudos que utilizaram testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes Brasileiros (continuação)

Autor (ano)	Periódico Publicado	Sujeitos	Teste
Silva et al. ⁹	Revista da Educação Física da UEM	Meninos=122 Meninas=136 14,49-15,51 anos	Corrida/caminhada de 1600 metros
Ulbrich et al. ¹⁰	<i>Fitness e Performance</i>	Meninos=196 Meninas=79 6-16 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Vasquez et al. ¹¹	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos=450 Meninas=513 10-15 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Araújo et al. ¹²	Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano	Meninos=146 Mennas=142 10-14 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Bergmann et al. ¹³	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos=21 Meninas=20 13-14 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos

Tabela 1 – Estudos que utilizaram testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes Brasileiros (continuação)

Autor (ano)	Periódico Publicado	Sujeitos	Teste
Dórea et al. ¹⁴	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos=182 Meninas=160 7-12 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Dumith et al. ¹⁵	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos=354 Meninas=311 7-15 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Generosi et al. ¹⁶	Revista Brasileira de Educação Física, Esporte, Lazer e Dança	Meninos=89 Meninas=70 14-16 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Ronque ¹⁷	Tese de Doutorado UNICAMP-SP	Meninos=267 Meninas=243 7-10 anos	Corrida/caminhada de 9 ou 12 minutos
Stabelini Neto et al. ¹⁸	Revista Brasileira de Hipertensão	Meninos=121 Meninas=128 12-16 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Silva et al. ¹⁹	Revista de Desporto e Saúde da Fundação Técnica e Científica do Desporto	Meninos=379 Meninas=404 7-14 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros

Tabela 1 – Estudos que utilizaram testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes Brasileiros (continuação)

Autor (ano)	Periódico Publicado	Sujeitos	Teste
Vitor et al. ²⁰	Revista Brasileira de Educação Física e Esporte	Meninos=218 12-16 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Trentin et al. ²¹	Movimento & Percepção	Meninos=44 Meninas=74 8-13 anos	Corrida de 1000 metros
Batista ²²	Dissertação de Mestrado UEL-PR	Meninos= 61 Meninas= 54 12,25 ± 0,9 – 12,06 ± 0,7 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos, <i>Shuttle run</i> de 20 metros, corrida/caminhada de 1 milha
Lugueti et al. ²³	Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano	Meninos=1590 Meninas=1555 7-16 anos	Corrida/caminhada de 9 minutos
Ronque et al. ²⁴	Revista Paulista de Pediatria	Meninos= 45 Meninas= 33 15 anos	<i>Shuttle run</i> de 20 metros
Fernandes et al. ²⁵	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos= 96 Meninas= 106 11-14 anos	Corrida/caminhada de 12 minutos
Pelegri et al. ²⁶	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	Meninos= 4.114 Meninas=3.393	Corrida/caminhada de 9 minutos

Nota: Estes trabalhos constam na sessão Bibliografia Consultada.

Conforme descritos na tabela 1, os testes mais utilizados na população de crianças e adolescentes são a corrida/caminhada de 1 milha (1609 metros), o teste *shuttle run* de 20 metros, a corrida/caminha de 12 minutos e com destaque, o teste de corrida/caminhada de 9 minutos realizado com maior frequência.

4.4 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES

Os testes de campos, como já descrito, dependem de técnicas preditivas para sua análise e interpretação. Ou seja, os resultados obtidos por estes, sejam em tempo, no caso dos teste com distância fixa, ou em distância, no caso dos testes com tempo estabelecido, geralmente são empregados em modelos matemáticos, junto com variáveis intervenientes do consumo de oxigênio, para assim gerar valores preditivos de $VO_{2máx}$.

As equações de predição podem ser tanto de caráter específico quanto generalizadas. As equações específicas são aquelas desenvolvidas a partir de populações homogêneas, já as equações generalizadas são desenvolvidas utilizando grandes amostras heterogêneas em idade, composição corporal e aptidão física.

Neste caso, para a predição do $VO_{2máx}$ na população pediátrica, o ideal é que as equações sejam desenvolvidas especialmente para as mesmas, diminuindo assim a margem de erro que cada equações contém. Uma questão importante, além do desenvolvimento, é verificar o critério de validade da equação, ou seja, verificar se a equação produz boas medidas do componente que se propõe a estimar. Esse critério de validade refere-se à extensão na qual seus resultados se correlacionam com a medida critério, chamada de “padrão ouro”⁷.

Assim, o estudo do desenvolvimento e validade de equações preditivas do $VO_{2máx}$ ou pico apresenta-se de grande valia, principalmente voltado a população de crianças e adolescentes. Como já explorado nesse estudo, níveis adequados de ACR são de fundamental importância, pois esses estão sendo relacionados com desfechos a saúde na vida adulta¹² e a determinação desses valores se tornam importante para que os sujeitos possam ser classificados de maneira correta em relação ao seu estado cardiorrespiratório.

A seguir, serão apresentados na tabela 2 as equações desenvolvidas para os testes de campo mais utilizados na literatura na determinação da ACR em crianças e adolescentes. Além das equações, será evidenciado as variáveis independentes utilizadas para a predição do $VO_{2máx}$.

Tabela 2 – Equações preditivas para estimativa do consumo máximo de oxigênio através de testes de campo, em crianças e adolescentes

Autor (ano)	Teste	Sujeitos	Equação	Erro
Cureton et al (1995) ⁶⁴	1 milha	Meninos= 490 Meninas= 263 8-25 anos	$VO_{2pico} = -8.41(\text{tempo}[\text{min}]) + 0,34 (\text{tempo}[\text{min}]^2) + (\text{idade} \times \text{sexo}) - 0,84 (\text{IMC}) + 108.94$	4,8 mL.kg ⁻¹ . min ⁻¹
Castro-Piñero et al (2009) ⁶⁵	½ Milha	Meninos=46	$VO_{2pico} = -5.7 (\text{tempo} [\text{min}]) + 5,4 (\text{sexo}) - 0,8 (\text{IMC}) + 93,9.$	6,2 mL.kg ⁻¹ . min ⁻¹
		Meninas= 42	Meninos= $-5.7 (\text{tempo} [\text{min}]) - 0,8 (\text{IMC}) + 93,9$	5,3 mL.kg ⁻¹ . min ⁻¹
		6-17,9 anos	Meninas= $-5.7 (\text{tempo} [\text{min}]) - 0,8 (\text{IMC}) + 99,3$	5,1 mL.kg ⁻¹ . min ⁻¹
Malhar et al (2006) ⁶⁶	SR- 20m PACER			

Tabela 2 – Equações preditivas para estimativa do consumo máximo de oxigênio através de testes de campo, em crianças e adolescentes (continuação)

Léger et al (1988) ⁶⁸	SR -20m	188 meninos e meninas 8-19 anos	$VO_{2máx} = 31,025 + 3,238 (8+0,5 \times \text{último estágio completo}) - 3,248 (\text{idade}) + 0,1536 \times (8+0,5 \times \text{último estágio completo}) \times (\text{idade})$	-
Barnett et al (1993) ⁶⁹	SR -20m	Meninos=27 Meninas= 28 12-17 anos	1-..... $O_{2pico} = 25,8 - 6,6 (\text{sexo}) - 0,2 (\text{massa corporal}) + 3,2 (\text{velocidade final})$ 2-..... $O_{2pico} = 24,2 - 5,0 (\text{sexo}) - 0,8 (\text{idade}) + 3,4 (\text{velocidade final})$	-
Matsuzaka et al (2004) ⁷⁰	SR -20m	Meninos=62 Meninas= 71 8-17 anos	$VO_{2pico} = 25,9 - 2,21 (\text{sexo}) - 0,449 (\text{idade}) - 0,831 (\text{IMC}) + 4,12 (\text{velocidade máxima na corrida})$	-
Ruiz et al (2008) ⁷¹	SR -20m	Meninos=122 Meninas= 71 13-19	Rede artificial neural, avaliada em: http://www.helenastudy.com/scientific.php .	

Nota: $VO_{2máx}$ ou VO_{2pico} = consumo máximo de oxigênio; SR-20m = *shuttle run* de 20 metros; PACER= Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; IMC= Índice de Massa Corporal; Sexo= masculino=1 e feminino=0 para equação de Castro-Piñero et al (2008), Cureton et al (1995) e Mahar et al (2006) e masculino=0 e feminino= 1 para as equações de Léger et al (1998), Barnett et al (1993) e Matsuzaka et al (2004).

Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de investigar a validade das equações apontadas acima. A equação desenvolvida por Cureton e col.⁶⁴ para o teste de 1 milha apresenta bons valores de validação ($r=0,72$), sendo selecionada pela bateria do *Fitnessgram*⁶². Porém, quando analisada em crianças e adolescentes de oito a 17 anos, treinados em corrida, parece que essa equação não prediz de maneira adequada o $VO_{2máx}$, principalmente quando as análises foram conduzidas por sexo, grupos etários e massa corporal⁷¹. Uma explicação para o conflito desses resultados se dá pela natureza do próprio teste, pois quando aplicado em crianças mais novas essas encontram dificuldades em desenvolver um ritmo de corrida/caminhada adequado durante todo o percurso e acabam finalizando o teste sem chegar ao esforço máximo⁷.

Para tentar minimizar os erros do teste de 1 milha, a versão do teste de ½ milha foi desenvolvida. Para esse teste, Castro-Piñero e col.⁶⁵ desenvolveram uma equação específica e analisando vários erros de medidas e concordância, encontraram uma correlação de 0,71 entre a equação e os valores diretos de VO_{2pico} , com um erro percentual de 13,9.

O teste de *shuttle run* de 20 metros é o que apresenta maior número de equações para a predição do VO_2 pico específico para a população jovem. Com objetivo de verificar a validade dessas equações, Ruiz e col.⁷² realizaram a validação cruzadas utilizando adolescentes de 13-19 anos, de ambos os sexos, e com a técnica direta de análise de gases aplicada em campo. Os autores chegaram a conclusão que o teste é melhor interpretado de maneira coletiva e aponta que as equações de Barnett e col.⁶⁸ 2 e Ruiz e col.⁷⁰ apresentaram os melhores valores de validade na população estudada.

Para os testes de corrida/caminhada de 9 e 12 minutos há uma escassez de estudos, principalmente envolvendo crianças e adolescentes. O teste de corrida/caminhada de 12 minutos apresenta uma equação generalizada, desenvolvida pelo autor do teste, Kenneth Cooper⁸ compreendendo indivíduos de ambos os sexos com idade de 10 à 70 anos.

O que pode-se encontrar na literatura são estudos que buscaram verificar a validade do teste em si, correlacionando valores de $VO_{2máx}$ ou pico

mensurados diretamente com a distância percorrida no teste. É o caso do estudo de Drinkard e col.⁷³ que avaliaram em uma amostra de adolescentes obesos de 12 a 17 anos a validade do teste de 12 e 9 minutos com valores de VO_2 pico obtidos em teste direto realizado em cicloergômetro, obtendo valores de correlação moderada de $r=0,72$ e $0,63$ respectivamente. E o estudo de Lorenzi³¹ no qual o valor de validade do teste de 9 minutos foi de $r=0,63$ em escolares de 10 à 14 anos de idade, de ambos os sexos, realizada diretamente em teste progressivo de esteira.

Talvez a existência de uma equação matemática que converta a distância percorrida no teste em valores absolutos de VO_2 aumentem sua validade. Como demonstrado por Liu e col.⁷⁴ no qual pode-se observar que o teste de *shuttle run* 20 metros apresentou maiores valores de validade quando correlacionado como a equação de Léger e col.⁶³ ($r=0,73$) do que quando analisado apenas pelo tempo percorrido no teste ($r=0,69$).

Recentemente um trabalho realizado por Batista⁷⁵ procurou validar os teste de 1 milha, *shuttle run* de 20 metros e o teste de 9 minutos em 115 adolescentes brasileiros com idade média de $12,16 \pm 0,8$ anos. Para verificar a validade do teste de 1 milha, o autor analisou a equação de Cureton e col.⁶⁴, para o teste *shuttle run* de 20 metros as equações testadas foram as de Léger e col.⁶⁷, Barnet e col.⁶⁸, Matsuzaka e col.⁶⁹, Mahar e col.⁶⁶ e para o teste de 9 minutos, a equação utilizada foi de Di Prampero⁷⁶ no qual foi elaborada com o propósito de calcular o gasto energético. Utilizando cálculos para a análise de desempenho (erro padrão de estimativa e R de explicação) e concordância, o autor verificou que, para os meninos, o teste que estimou melhor o VO_2 (ml/kg/min) foi o teste de 1 milha (EPE=6,20; $R^2=0,58$; $5,07 \pm 12,58$), entretanto para as meninas, o teste de *shuttle run* de 20 metros (EPE=6,49; $R^2=0,24$; $2,45 \pm 12,64$), com os melhores valores encontrados pela equação de Mahar e col.⁶⁶ concluindo que os testes SR-20m e MILHA foram os que melhor estimaram o VO_2 de meninos e meninas, quando comparado ao método de referência.

Vale a pena destacar que no estudo de Batista⁷⁵ a equação utilizada para verificar a validade do teste de 9 minutos foi elaborada para cálculos do gasto energético, levando apenas em consideração a distância percorrida pelo teste, desconsiderando as demais variáveis que podem influenciar no valor de VO_2 como já

explanado anteriormente. Ressaltando aqui, a necessidade de uma equação específica para esse teste para a população pediátrica.

4.5 TESTE DE CAMPO DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS

O teste de corrida/caminha de 9 minutos é uma versão adaptada do teste de corrida/caminha de 12 minutos, recomendado para crianças e adolescentes até 12 anos de idade.

É um dos testes de campo mais utilizados no Brasil, como demonstrado na tabela 1, sendo uma opção indireta de medida da ACR, apresentando baixo custo operacional, visto que não utiliza equipamentos caros e sofisticados, além de possibilitar a avaliação de vários sujeitos ao mesmo tempo, o que viabiliza a execução de estudos com grandes amostras, mostrando-se uma alternativa de avaliação em ambientes escolares e clubes.

Esse teste tem sido sugerido como proposta de avaliação do componente cardiorrespiratório pelas baterias de teste *Physical Best*⁹, como adaptação do teste de 12 minutos, e pelas nacionais proposta por Guedes⁷ e PROESP¹⁰. E todas apresentam pontos de corte para os níveis de ACR recomendados para crianças e adolescentes.

Para verificar a capacidade de triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares (DCV) do teste de 9 minutos em relação aos pontos de corte existentes na literatura, Bergman e col.¹¹ através de cálculos de sensibilidade e especificidade verificaram que a proposta do *Physical Best*⁹ apresenta maiores e a PROESP¹⁰ os menores valores. A *Physical Best*⁹ apresentou maiores valores de sensibilidade e baixos valores de especificidade, valores inversos apresentados pela PROESP¹⁰.

A fim de desenvolver uma proposta de triagem para DCV na população pediátrica através dos testes de 9 minutos, os mesmos autores sugeriram pontos de corte desenvolvidos em crianças e adolescentes de sete a 12 anos de ambos os sexos, da cidade de Caxias do Sul/RS. Quando confrontadas com as propostas das

baterias supracitadas, o atual ponto de corte apresentou-se mais adequado para a identificação de escolares com chances de portarem fatores de risco para DCV.

Lorenzi ³¹, em sua dissertação, além de verificar a validade ($r=0,63$), listou os determinantes metabólicos envolvidos no teste de 9 minutos em escolares de 10 a 14 anos de idade de ambos os sexos. O autor observou na análise de regressão, que o $VO_{2máx}$ ajustado pela $kg^{-0,75}$ e a economia de corrida (EC) foram as variáveis de maior importância no poder preditivo do teste de 9 minutos e a inserção da idade cronológica e maturação biológica no modelo de regressão não gerou nenhum incremento no poder explicativo do referido teste. Ao realizar as análises separadas por sexo, nota-se que para o sexo masculino, a variável que mais bem se relaciona com o teste é a EC e a expressão do VO_2 através do coeficiente alométrico de $-0,87$. Nas meninas, por outro lado, a variável mais representativa é o VO_2 expresso pelo valor de alometria de $-0,67$ juntamente com a idade.

Pode-se assim verificar que atualmente o teste de 9 minutos vem sendo explorado na literatura com o intuito de melhorar o entendimento e auxiliar na interpretação dos resultados proporcionados por ele. Mas observa-se que, diferente dos outros testes de campo utilizados para determinação da ACR em crianças e adolescentes, o teste de 9 minutos ainda não apresenta um modelo matemático para prever valores de $VO_{2máx}$ ou pico. Uma equação de regressão que convertesse a distância percorrida no teste em valores relativos de $VO_{2máx}$ ou pico poderia auxiliar na melhor interpretação dos resultados e até mesmo em uma melhora nos valores de validação do mesmo.

5 MÉTODOS

5.1 SUJEITOS

Participaram do estudo 211 escolares regularmente matriculados em duas escolas da rede pública de ensino do município de Londrina – Paraná, de ambos os sexos e pertencentes a faixa etária de sete a 12 anos. Os critérios de inclusão adotados foram: interesse em participar do estudo, pertencer a faixa etária preestabelecida e estar regularmente matriculados na instituição de ensino selecionada. E como critério de exclusão, apresentar algum problema físico que impeça temporariamente ou definitivamente o sujeito de ser submetido aos testes motores e a não assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo responsável.

O tamanho da amostra foi estabelecido de acordo com o número de variáveis independentes que exerceram influência no consumo de oxigênio pico (VO_2 pico), obedecendo uma relação 20 sujeitos (10 meninas e 10 meninos) para cada variável.

Foram incluídas no modelo as seguintes variáveis de explicação do VO_2 pico: sexo, idade, índice de massa corporal, estágio maturacional, somatório de dobras cutâneas e distância percorrida no teste de corrida/caminhada de 9 minutos, chegando a participação de no mínimo 120 sujeitos, obedecendo a ordem de 20:1, número aconselhável para que a equação tenha um maior poder e menor erro⁷⁷, porém foi possível avaliar 141, na tentativa de minimizar o erro.

Após o contato prévio com as escolas, a seleção dos alunos foi realizada de forma aleatória, por sorteio balanceada por sexo. Em caso de recusa em participar da pesquisa, foi realizada uma substituição através do sorteio de outro aluno.

Todos os sujeitos e seus responsáveis foram previamente informados sobre a proposta do presente estudo e procedimentos os quais seriam submetidos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (280/11), de acordo com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (Anexo A).

5.2 SEPARAÇÃO DA AMOSTRA

Após seleção da amostra, os sujeitos foram aleatoriamente separados em amostra de *desenvolvimento*, no qual participaram do desenvolvimento do modelo matemático (n=141), e amostra de *validação*, utilizada para validar o modelo matemático desenvolvido, por meio de sorteio balanceado por sexo, aproximadamente 50% (n=70) da amostra participaram do grupo de validação, sendo que os grupos apresentaram as mesmas características.

5.3 ANTROPOMETRIA

Foram obtidas as medidas antropométricas de massa corporal e estatura. A massa corporal foi obtida através de uma balança de plataforma, digital da marca Urano, modelo PS 180, com precisão de 0,1 kg e a estatura foi avaliada por meio de um estadiômetro de madeira com precisão de 0,1cm, seguindo os procedimentos de Gordon e col.⁷⁸. Todos sujeitos foram avaliados descalços e com vestimentas leves.

Com as medidas de massa corporal e estatura foi possível realizar o cálculo do índice de massa corporal (IMC) através do quociente massa corporal/estatura², sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m).

5.4 ESPESSURA DE DOBRAS CUTÂNEAS

A técnica de espessuras do tecido celular subcutâneo foi realizada sendo aferidas as dobras cutâneas da região tricipital e subescapular, realizadas três vezes, de forma rotacional, no hemitórax direito onde foi registrado o valor mediano. Uma nova série de medidas foi realizada caso ocorra uma variação de 5% no limite superior e inferior.

As medidas foram realizadas por um único avaliador, preestabelecido. O instrumento utilizado será o adipômetro científico da marca *Lange*, de acordo com as técnicas descritas por Harrinson e col.⁷⁹

5.5 AVALIAÇÃO MATURACIONAL

A maturação biológica foi avaliada pelas características sexuais secundárias avaliadas por meio de desenhos da pilosidade pubiana em meninos e meninas, através da utilização das pranchetas propostas por Tanner⁸⁰ (APÊNDICE B). As figuras foram classificadas de 1 a 5, de acordo com os estágios de desenvolvimento sexual e foram utilizadas as classificações propostas por Marshall e Tanner^{81,82} considerado o estágio 1 como pré-pubertal, 2 a 4 como pubertal e 5 como pós-pubertal.

5.6 TESTE DIRETO

A verificação direta do consumo de oxigênio foi feita por análise de gases computadorizada, por meio da realização de um teste de intensidade progressiva e máxima em um ergômetro de esteira. Os protocolos do teste foram determinados anteriormente em um estudo piloto, e demonstrou ser aplicável em jovens desta faixa etária, com a obtenção dos valores de consumo de oxigênio entre oito e 12 minutos, como recomendada para este tipo de teste⁸³.

Os sujeitos de sete a 8 anos de idade realizaram um aquecimento prévio de três minutos, a uma velocidade moderada de três quilômetros por hora (km/h) sem inclinação. O teste teve início a uma velocidade de quatro km/h e 1% de inclinação e a cada um minuto foi aumentada a velocidade de 1 km/h e a inclinação foi mantida até o final do teste. Os escolares de nove a 12 anos de idade realizaram um aquecimento prévio de três minutos, a uma velocidade moderada de quatro quilômetros por hora (km/h) sem inclinação. O teste teve início com uma velocidade de cinco km/h e 1% de inclinação. A cada dois minutos, foi aumentada a velocidade em 1 km/h e a inclinação foi mantida, até a finalização do teste.

Para mensuração direta do consumo de oxigênio (VO_2) durante o teste foi utilizado pelo analisador de gases portátil K4 b² (Cosmed Rome Italy), válido quando comparado ao método Bolsa de Douglas⁸⁴. Este equipamento permitiu o fornecimento de informações dos parâmetros respiratórios a cada respiração, com a determinação do

VO_2 máx por circuito aberto. Antes de cada avaliação foi realizado a calibração do instrumento, conforme as recomendações do fabricante.

O encerramento do teste foi considerado quando pelo menos dois dos seguintes critérios foram observados: exaustão voluntária do avaliado; pedido de encerramento do teste; atingir a frequência cardíaca máxima predita levando em consideração a idade; quando a razão de trocas respiratórias for superior a 1,1; detecção do platô na curva de VO_2 , definido por um aumento inferior a 2 ml/kg/min. Ao manifestar uma ou mais destas características o teste foi considerado máximo, sendo obtido o valor de VO_2 considerado VO_2 pico.

5.7 TESTE DE CAMPO DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS

O teste seguiu as recomendações de Cooper⁸, no qual foi realizado em uma pista de atletismo de 400 metros. O teste consistiu em correr e/ou caminhar a máxima distância possível em um tempo de 9 minutos. A distância foi controlada através do número de voltas dadas na pista somando os metros adicionais.

5.8 CONTROLE E QUALIDADE DOS DADOS

A qualidade dos dados foi realizada em uma amostra com as mesmas características da amostra do estudo. Foram realizadas duas séries de medidas, em dias diferentes para verificar a reprodutibilidade dos avaliadores, e a extensão do erro destes em relação as medidas antropométricas e o teste motor, sendo efetuado o cálculo do erro técnico de medida (ETM), o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e o coeficiente de variação (CV).

Tabela 3 – Erro técnico de medida de (absoluto e relativo) e coeficiente de correlação intraclasse entre duas séries de medidas repetidas de dobra cutânea e teste motor

Variável	ETM absoluto	ETM relativo	CCI	CV
DC TR (mm)	1,11	7,26	0,98	10,27
DC SE (mm)	0,85	8,58	0,99	12,07
Teste 9 minutos (m)	110,42	9,10	0,85	12,48

Nota: ETM = erro técnico de medida; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; CV= coeficiente de variação; DCTR = dobra cutânea tricipital; DCSE = dobra cutânea subescapular.

5.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para verificar a distribuição dos dados relacionados à curva gaussiana, foi empregado o teste de *Kolmogorov - Smirnov*. Na caracterização da amostra, foi utilizado a estatística descritiva de mediana e intervalo interquartil como medida de tendência central e dispersão respectivamente e para a comparação entre os sexos e grupos (desenvolvimento e validação), foi utilizado o teste U de *Mann Whitney*.

A matriz de correlação foi calculada com a finalidade de examinar o poder de explicação das variáveis preditoras do consumo de oxigênio como a idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal, dobra cutânea e a distância percorrida no teste de corrida/caminhada de 9 minutos.

Para o desenvolvimento da equação foi utilizada a técnica de regressão linear múltipla, levando em consideração seus pressupostos⁸⁵. A entrada das variáveis no modelo regressão foi feita pelo método *stepwise* no qual estima a equação de regressão com um conjunto de variáveis e então acrescenta ou elimina variáveis, possibilitando examinar a contribuição de cada uma ao modelo.

Esse método estatístico apresenta a significância da equação e valores de coeficiente de explicação ajustado (r^2 ajustado), no qual leva em consideração o número de variáveis existentes no modelo e o número de indivíduos, o que o coeficiente simples de explicação (R^2) não compreende e pode superestimar o desempenho do modelo.

Em seguida, verificou-se a multicolinearidade entre as variáveis, segundo valor de VIF (*Variance Inflation Factor* – fator de inflação da variância). De

acordo com Hair Jr e col⁸⁶ valores de VIF entre 0,19 e 5,30 são aceitos para confirmar a ausência de colinearidade entre as variáveis, pois valores não contemplados nessa amplitude confirmam multicolinearidade entre as variáveis independentes, indicando que somente essas variáveis permanecerão no modelo final. E durante o desenvolvimento de cada modelo, verificou-se a normalidade na análise dos resíduos.

A validade das equações desenvolvidas foi verificada pelos testes de comparação (teste “t” de *Student*), correlação (coeficiente linear de *Pearson*), coeficiente de correlação intra-classe e seu intervalo de confiança e os cálculos de EPE e CV.

Para complementar as análises de validação foram realizados os cálculos de concordância (Bland e Altman⁸⁷) que forneceu informações quanto à média das diferenças, o desvio padrão da diferença, o intervalo de confiança (95%) e os limites de concordância superior e inferior, além da análise de associação entre a diferença dos métodos e a média entre eles, para determinação do viés de estimativa e o cálculo do desempenho das novas equações pela regressão linear simples.

Todas as análises levaram em conta uma significância de 5% e os dados serão tratados no pacote estatístico SPSS versão 17.0.

6 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em tópicos, iniciando pelas características da amostra estudada, seguindo pela matriz de correlação das variáveis intervenientes do VO_2 pico, processo de desenvolvimento das equações e finalizando pelos cálculos referente a validação das equações desenvolvidas.

6.1 CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DA AMOSTRA

As características descritivas da amostra total, estratificada por sexo são apresentadas na tabela 4. Na tabela 5 estão descritas as características da amostra separada em desenvolvimento e validação. As variáveis antropométricas não apresentaram distribuição normal, apenas os testes motores, assim os valores foram apresentados em mediana e intervalo interquartil.

Foram encontradas diferenças significantes ($P < 0,05$) entre meninos e meninas apenas para os resultados dos testes motores (teste de 9 minutos e na medida do VO_2 pico) no qual os meninos apresentaram maiores valores quando comparados as meninas. Em relação aos grupos, não foram observadas diferenças significantes entre as variáveis descritivas.

Tabela 4 – Características descritivas da amostra total apresentadas em mediana (intervalo interquartil) estratificada por sexo

Variáveis	Meninos (n=109)	Meninas (n=102)	Total (n=211)
Idade (anos)	11,24 (3,58)	11,01 (3,44)	11,08 (3,51)
Massa Corporal (Kg)	38,30 (16,00)	35,80 (15,83)	36,90 (15, 80)
Estatura (m)	1,44 (0,17)	1,44 (0,18)	1,44 (0,17)
IMC (kg/m ²)	18,58 (5,44)	17,63(4,59)	17,92 (4,75)
Soma DC (mm)	21,00 (17,00)	21,50 (15,00)	21,00 (16,50)
9 minutos (m)	1.2319,00 (269,00) *	1.170,50 (235,00)	1250,00 (270,00)
VO ₂ pico (mL/kg/min)	43,23 (22,55) *	37,52 (16,34)	38,78 (20,28)

Nota: IMC= índice de massa corporal; DC= dobra cutânea; IMC= índice de massa corporal.

*= comparação entre meninos e meninas ($P < 0,05$).

Tabela 5 – Características descritivas da amostra de desenvolvimento e validação apresentadas em mediana (intervalo interquartil), estratificada por sexo

Variáveis	DESENVOLVIMENTO			VALIDAÇÃO		
	Meninos (n=75)	Meninas (n=66)	Total (n=141)	Meninos (n=34)	Meninas (n=36)	Total (n=70)
Idade (anos)	10,82 (3,63)	11,18 (3,60)	10,98 (3,57)	11,82 (3,50)	10,08 (3,24)	11,32 (3,47)
Massa Corporal (Kg)	38,70 (16,00)	37,70 (15,10)	37,70 (15,55)	37,15 (16,43)	33,50 (18,00)	34,15 (16,88)
Estatura (m)	1,44 (0,16)	1,45 (0,17)	1,45 (0,16)	1,45 (0,17)	1,40 (0,19)	1,41 (0,19)
IMC (kg/m ²)	18,58 (5,67)	17,75 (4,51)	18,01 (4,76)	18,21 (4,71)	17,12 (5,21)	17,59 (4,79)
Soma DC (mm)	22,00 (17,50)	21,00 (13,25)	21,00 (17,00)	21,00 (15,25)	23,00 (18,00)	22,00 (16,25)
9 minutos (m)	1.328,00 (320,00)*	1.215,00 (240,25)	1.270,00 (280,00)	1.294,50 (239,75)*	1.110,00 (248,75)	1.207,50 (239,25)
VO ₂ pico (mL/kg/min)	42,80 (24,85)*	38,19 (14,44)	38,77 (18,78)	44,80 (24,03)*	34,57 (22,92)	39,14 (26,27)

Nota: IMC= índice de massa corporal; DC= dobra cutânea.

*= comparação entre meninos e meninas ($P < 0,05$).

Foram realizadas adicionalmente as análises descritivas de frequência referente à maturação sexual da amostra, no qual os sujeitos foram classificados em púberes, pré-púberes e pós-púberes. Na amostra total 46,0% foram classificados como púberes; 52,1% como pré-púberes e 1,9% como pós-púberes. Quando a amostra foi separada em desenvolvimento e validação os valores foram de 46,8 e 44,3 % como pré-púberes, 51,1 e 54,3% como púbere e 2,1e 1,4 como pós-púberes respectivamente.

6.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS INTERVENIENTES NO VO₂PICO

Na tabela 6 são apresentados os valores de correlação entre a medida critério (VO₂pico) e as variáveis intervenientes (idade, massa corporal, estatura, IMC, somatório de dobras cutâneas e distância percorrida no teste de 9 minutos) pela correlação linear de *Pearson*.

Tabela 6 – Matriz de correlação entre os valores de VO₂pico e as variáveis intervenientes (idade, massa corporal, estatura, IMC, DCTR, DCSE, soma DC 9 minutos)

	Idade	MC	Estatura	IMC	DCTR	DC SE	Soma DC	9 min
VO ₂ pico	0,55	0,03	0,36	-0,17	-0,18	-0,22	-0,24	0,42

Nota: MC= massa corporal; IMC= índice de massa corporal; DC= dobra cutânea; 9 min= distância percorrida no teste.

Os valores de correlação para todas as variáveis foram classificados, de acordo com Vincent⁸⁸ no qual r alto= $\geq 0,90$; moderado= 0,70 a 0,80; baixo= 0,50 a 0,70 e muito baixo= < 0,50. Assim, as correlações apresentadas no presente estudo variaram de baixas a muito baixas (0,03 a 0,55) e pode-se destacar que os melhores valores foram encontrados para a variável idade e distância percorrida pelo teste de 9 minutos (0,55 e 0,42 respectivamente).

6.3 DESENVOLVIMENTO DA EQUAÇÃO PARA ESTIMATIVA DO VO_{2PICO}

As equações desenvolvidas para a estimativa do pico de consumo de oxigênio são apresentadas na tabela 7. Na tentativa de melhor especificar os modelos matemáticos, além de uma equação geral, o presente estudo desenvolveu equações específicas para o sexo e estágio maturacional.

Para cada equação são apresentados os cálculos referentes a qualidade do modelo, por meio do coeficiente de correlação linear (r), o coeficiente de explicação ajustado (r^2), o erro padrão de estimativa (EPE), erro padrão (EP) e o fator de inflação da variância (VIF).

Tabela 7 – Modelos desenvolvidos, variáveis incluídas e respectivas análises de desenvolvimento

Modelo	p do modelo	r	r ² ajustado	EPE	Variável	Coefficiente	EP	p da variável	Correlação Parcial	VIF
1 (n=138)	0,000	0,742	0,537	9,149	Constante	24,506	5,586	0,000	-	-
					Maturação	16,672	1,663	0,000	0,655	1,142
					Σ DC	-0,346	0,065	0,000	-0,419	1,246
					Sexo	5,187	1,673	0,002	0,259	1,159
					Distância	0,009	0,004	0,023	0,195	1,380
2 (n=65)	0,000	0,791	0,607	6,233	Constante	34,785	6,976	0,000	-	-
					Maturação	18,243	1,889	0,000	0,775	1,493
					MC	-0,372	0,077	0,000	-0,523	1,687
					Distância	0,005	0,005	0,313	0,128	1,186
3 (n=72)	0,000	0,711	0,484	11,139	Constante	30,936	9,815	0,002	-	-
					Maturação	18,841	2,996	0,000	0,604	1,318
					ΣDC	-0,396	0,109	0,001	-0,401	1,354
					Distância	0,008	0,006	0,198	0,155	1,434
4 (n=63)	0,020	0,346	0,091	12,271	Constante	25,758	13,133	0,054	-	-
					ΣDC	-0,371	0,155	0,020	-0,293	1,034
					Distância	0,011	0,010	0,258	0,145	1,034
5 (n=74)	0,000	0,829	0,674	5,388	Constante	41,899	4,482	0,000	-	-
					ΣDC	-0,348	0,047	0,000	-0,658	1,328
					Sexo	7,144	1,424	0,000	0,511	1,310
					Distância	0,008	0,003	0,009	0,303	1,622

Notas: Modelo 1 = modelo completo; Modelo 2 = modelo para meninas; Modelo 3 = modelo para meninos; Modelo 4 = modelo para pré-púberes; Modelo 5 = modelo para púbere e pós-púbere; r = coeficiente de correlação de Pearson; r² ajustado = coeficiente de explicação ajustado; EPE = erro padrão de estimativa; EP = erro padrão; VIF = “variance inflation factor” (Fator de Inflação da Variância); Maturação, 0 = pré-púbere, 1 = púbere e pós-púbere; Σ EDC = somatório de espessura de dobras cutâneas tricipital e subescapular, em mm; MC= massa corporal, em kg; Sexo, 0 = meninas, 1 = meninos; Distância = distância percorrida, em m, no teste de 9 minutos.

O cálculo stepwise da regressão linear mostrou que para o modelo 1, as variáveis maturação, somatório de dobras cutâneas tricipital e subescapular (Σ DC), sexo e distância percorrida no teste de 9 minutos foram significativamente associadas com o VO_2 pico, sendo a equação de regressão assim descrita: VO_2 pico= 24,506 + 16,672 (maturação, pré-púbere=0 e púbere e pós-púbere=1) – 0,346 (Σ DC) + 5,187 (sexo, meninas=0 e meninos=1) + 0,009 (distância).

Para os modelos 2 e 3, desenvolvidos para meninos e meninas respectivamente, as equações apresentaram-se da seguinte forma:

Meninas: VO_2 pico= 34,785 + 18,243 (maturação, pré-púbere=0 e púbere e pós-púbere=1) – 0,372 (massa corporal) + 0,005 (distância).

Meninos: VO_2 pico= 30,936 + 18,841 (maturação, pré-púbere=0 e púbere e pós-púbere=1) – 0,396 (Σ DC) + 0,008 (distância).

E os modelos 4 e 5 para pré-púbere e púbere e pós-púbere respectivamente, as equações desenvolvidas são as seguintes:

Pré- púberes: VO_2 pico= 25,758 – 0,371 (Σ DC) + 0,011 (distância).

Púberes e pós-púberes: VO_2 pico = 41,899 – 0,348 (Σ DC) + 7,144 (sexo, meninas=0 e meninos=1) + 0,008 (distância).

Dos modelos matemáticos apresentados acima, a equação proposta para púberes e pós púberes (modelo 5) demonstrou melhores valores de correlação linear ($r=0,829$) sendo 67% das variâncias compartilhadas no VO_2 pico e os menores valores de erro (EPE= 5,38 mL/kg/min).

Os valores de VIF, os quais fornecem informações a respeito da multicolinearidade da equação, encontraram-se dentre dos limites recomendados em todos os modelos matemáticos para todas as variáveis. Adicionalmente foi verificada a distribuição residual, sendo que todos os modelos apresentaram-se normais, no qual os pontos residuais ficaram entre +2 e -2 desvios padrões (para cada modelo).

6.4 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DO VO_{2PICO}

Na tabela 8 são apresentados os resultados da análise de validação dos modelos matemáticos desenvolvidos acima. Para a validação foram utilizado do teste “t” de Student, coeficiente de correlação de *Pearson*, seguido do coeficiente de correlação intraclasse e seu intervalo de confiança (95%), a diferença média e tendência gerada pelo Bland e Altman e os cálculos de EPE e CV.

Tabela 8 – Validação dos modelos desenvolvidos, com as respectivas análises estatísticas

Modelo	Média (DP) Kg	Comparação		Correlação		CCI	IC 95% para CCI	Dif. Média (IC 95%)	Tendência Bland-Alt.	EPE	CV
		T	p	r	p						
1 (n=70)											
- Mensurado	39,66										
- Estimado	38,23	0,902	0,370	0,570	0,000	0,68*	0,49 – 0,80	-1,43 (-27,40 - 24,54)	-0,50*	8,39	21,94
2 (n=36)											
- Mensurado	34,43										
- Estimado	34,93	-0,311	0,758	0,678	0,000	0,77*	0,55 – 0,88	0,50 (-18,29 - 19,28)	-0,54*	6,09	17,45
3 (n=34)											
- Mensurado	45,20										
- Estimado	43,80	0,487	0,629	0,336	0,052	0,45*	-0,09 – 0,73	-1,40 (-34,17 - 31,38)	-0,56*	8,94	20,43
4 (n=31)											
- Mensurado	31,84										
- Estimado	30,43	0,410	0,684	0,119	0,524	0,12	-0,81 – 0,57	-1,41 (-39,00 - 36,17)	-0,91*	4,15	13,65
5 (n=39)											
- Mensurado	45,88										
- Estimado	45,70	0,165	0,870	0,702	0,000	0,82*	0,66 – 0,91	-0,18 (-13,53 - 13,17)	-0,25	5,57	12,18

Notas: Modelo 1 = modelo completo; Modelo 2 = modelo para meninas; Modelo 3 = modelo para meninos; Modelo 4 = modelo para pré-púberes; Modelo 5 = modelo para púbere e pós-púbere; Mensurado = valor mensurado pelo método de referência; Estimado = valor estimado pela equação desenvolvida; DP = desvio-padrão; t = diferença na distribuição t; r = coeficiente de correlação de Pearson; CCI = coeficiente de correlação intraclasse (average measures, one-way randon); IC 95% = intervalo de confiança para 95%; Dif. média = diferença média por meio de análise de concordância Bland-Altman.* p < 0,05 EPE= erro padrão de estimativa; CV=coeficiente de variação.

Todos os modelos não apresentaram diferenças significantes em relação ao método critério, demonstrado pelo teste de comparação ($P > 0,05$). Já os valores de correlação variaram de muito baixo a moderado ($r = 0,12$ e $r = 0,70$ respectivamente).

Para os valores de correlação intraclasse, a confiabilidade do teste é classificada como fraca (CCI) = $< 0,40$; boa = $0,41$ a $0,75$ e forte = $\geq 0,75$ ⁸⁹. Para o presente estudo, foram observadas uma confiabilidade de fraca a forte, correspondendo ao modelo 4 (0,12) e modelo 5 (0,82) respectivamente.

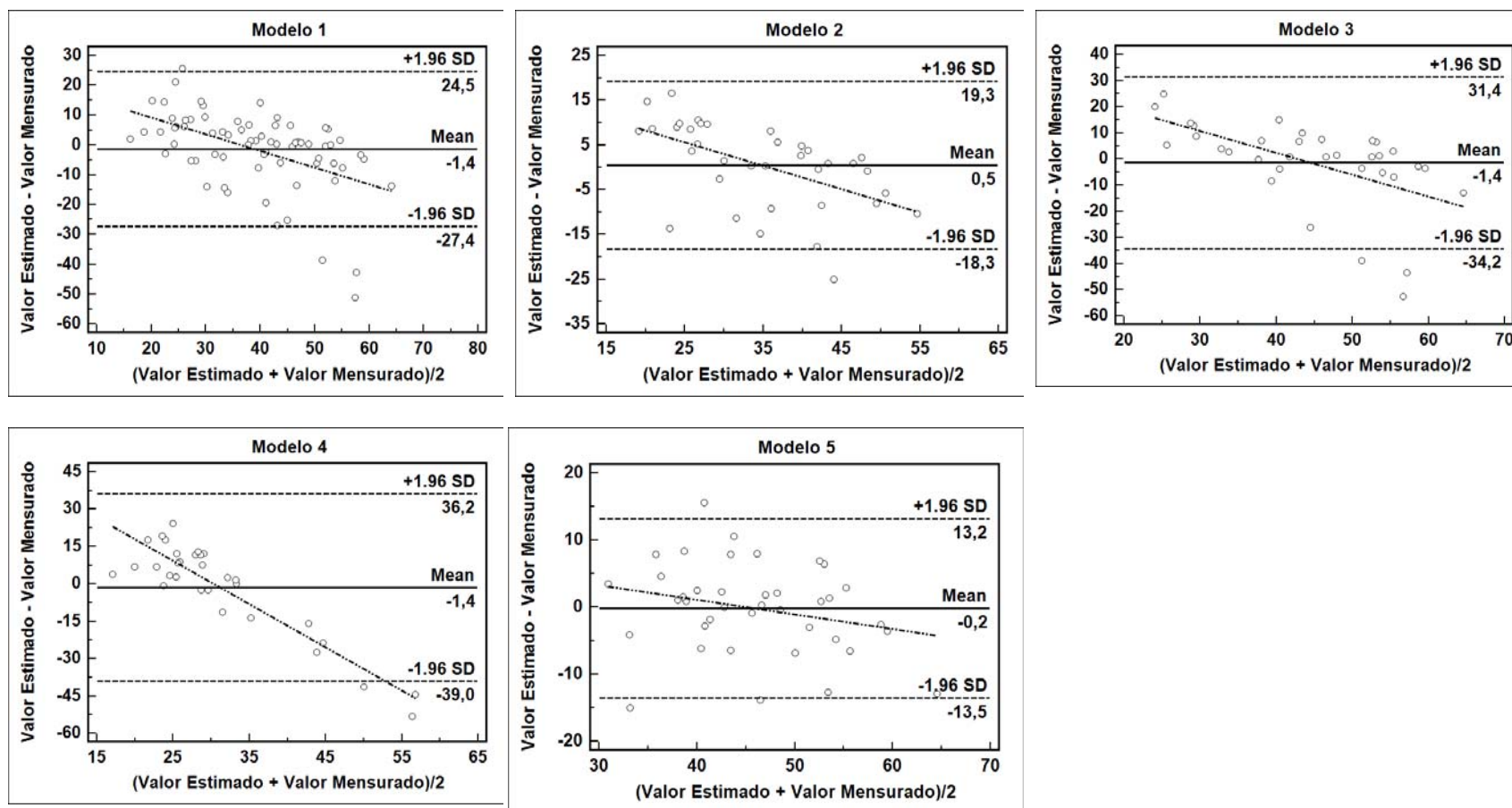
E em relação aos valores de EPE e CV, observa-se que o modelo 5 apresentou os menores resultados com um EPE acerca de 5,57 ml/kg/min e uma variação de 12,18%.

Para completar os cálculos de validação, foram realizadas análises de concordância (pelo teste de Bland e Altman⁸⁷) e desempenho (pela regressão linear) entre o método de referência e os modelos desenvolvidos.

A figura 1 ilustra a análise de concordância pelo cálculo de Bland e Altman⁸⁷, na qual o eixo x corresponde aos valores médios dos resultados do teste e o eixo y corresponde a diferença individual entre o teste. Os intervalos de concordância também podem ser observados pelas linhas pontilhadas paralelas ($\pm 1,96$ DP) e a diferença média entre o método de referência e o estimado é representada pela linha sólida.

O cálculo de Bland e Altman⁸⁷ também permite avaliar a tendência das técnicas testadas, sendo apresentada pela linha pontilhada que cruza verticalmente a plotagem, por meio de uma correlação entre a média das diferenças e a diferença média entre o método critério e o teste investigado.

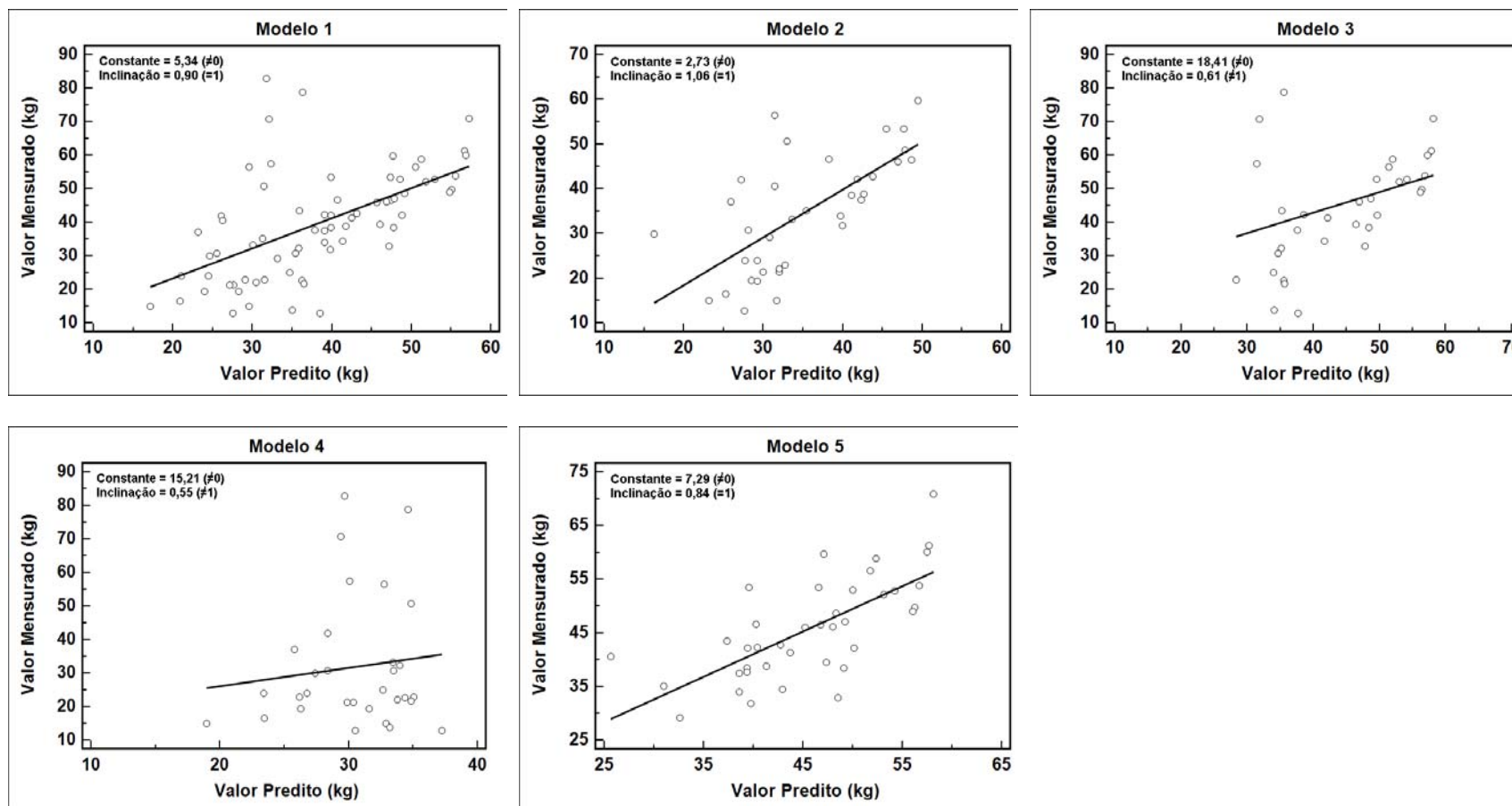
Figura 1 – Análise de concordância entre método de referência e modelo preditivo (análise de Bland-Altman)



Notas: Modelo 1 = modelo completo; Modelo 2 = modelo para meninas; Modelo 3 = modelo para meninos; Modelo 4 = modelo para pré-púberes; Modelo 5 = modelo para púbere e pós-púbere; Mensurado = valor mensurado pelo método de referência; Estimado = valor estimado pela equação desenvolvida; a linha sólida representa a diferença média entre o método de referência e o estimado, enquanto as linhas pontilhadas paralelas representam os respectivos intervalos de confiança ($\pm 1,96DP$).

A magnitude dos limites de concordância apresentados pelos modelos desenvolvidos acima foram -1,4 mL/kg/min; 0,5 mL/kg/min; -1,4 mL/kg/min; -1,4 mL/kg/min e -0,2 mL/kg/min respectivamente. Exceto para o modelo 5, todos os modelos apresentaram indicativo de tendência (viés) na variabilidade individual na estimativa do VO_2 ($P < 0,05$ – tabela 8), no qual os modelos apresentaram tendência em superestimar os valores de VO_{2pico} , principalmente nos indivíduos com menores valores de consumo de oxigênio.

O diagrama de dispersão abaixo apresenta a relação do VO_{2pico} predito pelas equações desenvolvidas e VO_{2pico} estimado diretamente. Adicionalmente, o diagrama nos fornece valores de intercepto ($=0$) e inclinação ($=1$). Em relação ao intercepto, todos os modelos diferenciaram significativamente do valor zero de linha de identidade, porém em relação a inclinação, apenas os modelos 3 e 4 apresentaram seus valores diferentes de 1.

Figura 2 – Análise de regressão linear entre método de referência e modelo preditivo

Notas: Modelo 1 = modelo completo; Modelo 2 = modelo para meninas; Modelo 3 = modelo para meninos; Modelo 4 = modelo para pré-púberes; Modelo 5 = modelo para púbere e pós-púbere; Mensurado = valor mensurado pelo método de referência; Estimado = valor estimado pela equação desenvolvida; Constante = intercepto ($=0$); Inclinação = “slope” ($=1$).

7 DISCUSSÃO

O teste de corrida/caminhada de 9 minutos é o mais utilizado no Brasil para avaliação da ACR em crianças e adolescentes, porém este teste utiliza somente a distância percorrida na interpretação da função cardiorrespiratória, o que muitas vezes pode não refletir o valor real. A maior contribuição do presente estudo foi desenvolver um modelo matemático do VO_2 pico em crianças e adolescentes através do teste de campo de corrida/caminhada de 9 minutos e posteriormente testar sua validade.

Assim, através do cálculo de regressão linear múltipla foi possível desenvolver uma equação generalizada para a amostra estudada e adicionalmente uma equação específica para o sexo e estágio maturacional (pré-púberes e púberes e pós-púberes).

A validação dos modelos desenvolvidos foi realizada por meio dos testes de comparação, correlação, concordância e desempenho do VO_2 pelo método direto e pelo VO_2 estimado pelas novas equações. Os resultados demonstraram que a maioria das equações subestimaram os valores de VO_2 pico, exceto a equação desenvolvida para as meninas, porém esses valores não foram significantes.

As informações referentes ao desempenho e concordância das equações mostraram que os modelos desenvolvidos não apresentaram viés de estimativa do VO_2 pico ($P > 0,05$) e valores satisfatórios de desempenho.

7.1 QUALIDADE DOS DADOS

O estudo se propôs além de desenvolver e validar modelos matemáticos, analisar a reprodutibilidade do teste de 9 minutos. A reprodutibilidade reflete a consistência das medidas, no qual são verificados os valores do teste em avaliações repetidas em um mesmo indivíduo nas mesmas condições⁹⁰.

Informações referente a reprodutibilidade de testes motores de campo atualmente são pouco exploradas na literatura, principalmente no que diz respeito a população pediátrica. Para o teste de 9 minutos não foram encontradas informações referente a sua reprodutibilidade para amostras de sete a 12 anos.

A reprodutibilidade de um teste pode ser avaliada de forma relativa e absoluta. A forma relativa refere-se ao grau com que cada indivíduo mantém sua posição na mesma amostra sobre a medida repetida e a forma absoluta refere-se ao grau em que cada medida repetida varia para os indivíduos⁹¹. Procurando avaliar a extensão de ambas as formas de expressão, o presente estudo analisou a reprodutibilidade relativa pelo teste estatístico de CCI e absoluta com os testes ETM e CV.

Os resultados apontam para um erro de medida de 9,10% e um CV de 12,48%, um pouco acima dos valores recomendados pela literatura⁹². Seu CCI foi próximo ao de um teste aceitável (acima de 0,90) conforme a classificação de Vincent⁸⁷.

Recentemente Artero e col.⁹³ reuniram informações em uma revisão sistemática acerca da reprodutibilidade dos testes de campo realizados em crianças e adolescentes para estimativa da ACR. Em uma relação de nove estudos encontrados, que utilizaram os testes de uma milha, ½ milha, *shuttle - run* de 20 metros, caminhada de 6 minutos, corrida de 5 minutos, os autores observaram que o teste de *shuttle - run* de 20 metros apresentou os melhores resultados na análise da reprodutibilidade e o teste de 1 milha com “moderada” evidência.

O CCI do presente estudo (0,85) encontra-se dentro dos valores apresentados pelo teste de *shuttle-run* de 20 metros (0,78 – 0,93), considerado o teste de maior evidência de reprodutibilidade.

Em complemento ao teste motor, o presente estudo analisou a reprodutibilidade das medidas de dobras cutâneas tricipital e subescapular. Através do ETM o avaliador pode ser classificado como iniciante; o CCI é classificado como aceitável (tricipital=0,98 e subescapular=0,99) e sua variação foi de 10,27% e 12,07% para as dobras tricipital e subescapular respectivamente.

Assim, de forma geral, os resultados de reprodutibilidade apresentados na tabela 3 referentes ao teste de 9 minutos podem ser considerados como aceitáveis.

7.2 DESENVOLVIMENTO DAS EQUAÇÕES

Frente aos objetivos do presente estudo um modelo matemático foi desenvolvido para uma amostra de crianças e adolescentes de sete a 12 anos, que pode ser extrapolada para outras amostras com características similares. Por outro lado, procurando por mais especificidade, foram desenvolvidas equações referentes ao sexo e ao estágio maturacional.

Como já explorado no início do estudo, a conversão da distância percorrida no teste em valores preditos de VO_{2pico} contribui para melhor interpretação dos resultados referentes a ACR. Fatores intervenientes na realização do teste como a idade e o estado de crescimento influenciam na interpretação do consumo de oxigênio, não refletindo os valores reais.

Equações para estimativa do consumo máximo de oxigênio ainda são pouco exploradas pela literatura, principalmente por existirem diversos testes de campo com diferentes características e essa escassez aumenta quando a população em estudo é formada por crianças e adolescentes, como demonstrada na tabela 2. Além disso, não há modelos matemáticos desenvolvidos a partir da população brasileira, em especial para o teste de 9 minutos, o mais utilizado para avaliação da ACR em crianças e adolescentes do país (tabela 1).

A análise de regressão linear múltipla, utilizada para a elaboração de um modelo matemático para a amostra como um todo, demonstrou que o estágio maturacional, a somatória de dobras cutâneas, o sexo e a distância percorrida no teste de 9 minutos explicam significativamente o VO_{2pico} dos escolares do presente estudo.

Quando comparados a outros modelos matemáticos desenvolvidos para essa finalidade, a variável sexo aparece em comum em todas as equações encontradas na literatura, conforme descrito na tabela 2, e a variável maturação sexual é utilizada pela primeira vez em uma equação de estimativa do VO_2 . A presença da variável maturação sexual no modelo de regressão pode ser explicada pelas mudanças ocorridas durante o processo de puberdade e seu impacto no consumo máximo de oxigênio.

Sabe-se que nesse período de transição ocorre um crescimento e desenvolvimento dos órgãos envolvidos no metabolismo aeróbio (como já destacado no início do trabalho) no qual as mudanças no tamanho e função cardíaca atuam paralelamente ao aumento do limiar de fadiga ao exercício e em sua capacidade glicolítica²⁰.

Além da eficiência cardíaca, o aumento da força muscular também pode ser observado durante o processo de maturação, auxiliando no aumento da velocidade, economia de corrida e no porcentual de utilização do VO_2 máximo, resultando em um melhor desempenho na realização do teste²⁰.

Assim, ao se correlacionar a distância percorrida no teste e o valor direto de $VO_{2\text{pico}}$ (tabela 6) são obtidos baixos valores ($r= 0,42$), porém quando confrontado com outros teste de campo específicos para a população pediátrica, estes também apresentaram correlações classificadas como baixas, como no caso do teste de 1 milha ($r=0,54$)⁶⁴, $\frac{1}{2}$ milha ($r=0,55$)⁶⁴ e PACER 20m *shuttle run*⁶⁷ ($r=0,53$).

Esses valores inferiores de correlação podem ser explicados pela heterogeneidade da amostra, que pode ser afetada pelo sexo, idade e estágio maturacional em relação ao desempenho e característica do teste.

No entanto quando as variáveis foram adicionadas ao modelo matemático desenvolvido para a amostra em geral (modelo 1), a correlação entre o VO_2 estimado diretamente e o VO_2 predito pela equação foi de $r=0,74$, sendo 55% das variâncias compartilhadas. A entrada de variáveis demográficas também elevaram os valores de correlação dos testes citados anteriormente, sendo $r=0,71$, $r=0,66$ e $r=0,59$ para a equação do teste de 1 milha⁶⁴, $\frac{1}{2}$ milha⁶⁴ e PACER 20m *shuttle run*⁶⁷ respectivamente.

O EPE da equação foi de 9,15 mL/kg/min, apresentando-se como o maior quando confrontado com a equação do teste de 1 milha⁶⁴ como um EPE de 4,8 mL/kg/min, $\frac{1}{2}$ milha⁶⁴ com 6,2 mL/kg/min e PACER 20m *shuttle run*⁶⁷ com 3,4 mL/kg/min. Assim a equação desenvolvida pelo presente estudo apresentou maiores valores de correlação quando comparada as equações existentes na literatura, porém seu valores de erro apresentaram-se superiores.

Na tentativa de tornar mais específica os modelos matemáticos, o presente estudo procurou desenvolver as equações levando em consideração o sexo e estágio maturacional, sabendo que essas variáveis são intervenientes nos valores de consumo de oxigênio.

Equações específicas para o sexo em relação a estimativa do VO_2 pico, em crianças e adolescentes, são encontradas apenas para teste de ½ milha⁶⁴, sendo necessária sua ampliação levando em conta as diferenças existentes entre meninos e meninas em relação ao componente cardiorrespiratório.

A equação desenvolvida no presente estudo para as meninas apresentou um $r=0,79$ correspondendo a 62% das variâncias compartilhadas e um EPE de 6,2 mL/kg/min, apresentando maiores valores de r e menores valores de EPE comparado a equação para meninas do teste de ½ milha⁶⁴ (0,47 e 5,1 mL/kg/min respectivamente).

A equação desenvolvida para os meninos apresentou 50% das variâncias compartilhadas ($r=0,71$) e um EPE de 11,14 mL/kg/min de EPE, valores superiores quando comparado ao modelo matemático correspondente aos meninos do teste de ½ milha⁶⁴ ($r=0,59$ e EPE= 5,3 mL/kg/min), como ocorreu com a equação das meninas, no qual os valores foram superiores para a correlação e inferiores para o erro.

Ao analisar os modelos matemáticos desenvolvidos no presente estudo levando em consideração o sexo, percebe-se que a equação desenvolvida para meninas apresentou melhores valores de explicação (r^2 ajustado de 0,61) em relação aos seus pares do sexo masculino (r^2 ajustado 0,48).

Uma possível explicação é que para a faixa etária da amostra estudada (sete a 12 anos de idade) ocorre um aumento quase linear no consumo de oxigênio para os meninos e para as meninas esse aumento se dá de forma mais suave⁹³, assim o grupo dos meninos apresenta-se mais heterogêneo em relação aos valores de VO_{2pico} quando comparado ao grupo das meninas.

Este é o primeiro estudo que analisou o comportamento do estágio maturacional na predição do consumo de oxigênio, sendo esta variável presente no modelo geral de predição, assim desenvolveu-se uma equação específica para os

sujeitos classificados como pré-púberes e uma para os sujeitos púberes e pós-púberes, sabendo das modificações e diferenças existente durante o processo de maturação.

Para tanto, a equação para os indivíduos pré-púberes apresentou uma correlação de 0,34 e um EPE=12,27 mL/kg/min e para os púberes e pós-púberes a correlação foi de 0,83 e EPE=5,38 mL/kg/min.

O baixo valor de correlação e o elevado valor de erro apresentado pelo modelo 4 (pré-púberes) podem ser explicados por fatores cognitivos, como a questão relacionada a economia de corrida ou eficiência mecânica, a compreensão e assimilação da realização do teste e ainda por fatores fisiológicos, relacionados ao desenvolvimento dos sistemas influentes na capacidade aeróbia.

Assim, a equação desenvolvida para púberes e pós-púberes (modelo 5) apresenta o melhor modelo desenvolvido, tendo 69% das variâncias explicada e o menor erro.

7.3 VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO

Para que um teste seja considerado *bom*, ele deve medir aquilo que ele se propõem medir (validade). Nesse caso, a validade de uma equação de regressão procura avaliar se os valores preditos por ela estão relacionados com a medida critério (padrão ouro).

Nas equações preditivas para estimativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$, apresentadas na tabela 2, a validade foi testada em diferentes populações pediátricas e com diferentes características.

Especificamente para o teste de 9 minutos, antes de ser desenvolvido um modelo matemático, a validade foi verificada correlacionando a distância percorrida com os valores diretos de consumo de oxigênio. Esta metodologia foi utilizada no estudo de Drinkard e col.⁷³ no qual o teste apresentou uma correlação moderada ($r=0,63$) em adolescentes obesos de 12 a 17 anos de idade. No estudo realizado no Brasil por Lorenzi³¹ o teste de 9 minutos também apresentou uma correlação moderada ($r=0,63$) em escolares de 10 a 14 anos de idade.

Na tentativa de verificar a validade do teste em relação aos valores de VO_2 pico, Batista⁷⁵ utilizou a equação de Di Prampero⁷⁶ para sua conversão e obteve uma correlação de 0,65 para os meninos e 0,47 para as meninas e um EPE de 6,20 mL/kg/min e 7,11mL/kg/min para meninos e meninas respectivamente.

Os modelos matemáticos desenvolvidos pelo presente estudo foram validados com os testes de comparação, correlação, desempenho e concordância, sendo discutidos a seguir.

A comparação entre os valores de VO_2 pico obtidos diretamente (padrão ouro) e os valores preditos pelos modelos matemáticos desenvolvidos foi analisada pelo teste “t” de Student e todas as equações não diferiram estatisticamente do padrão ouro ($P>0,05$). A análise de correlação variou de muito baixa a moderada entre as equações correspondente ao modelo 4 desenvolvido para os meninos ($r=0,11$) e ao modelo 5 desenvolvido para púberes e pós-púberes ($r=0,70$).

A equação desenvolvida para a amostra geral (modelo1) apresentou uma correlação de 0,57, classificada como moderada, menor valor encontrado quando comparado a outros estudos que procuraram validar as equações de estimativa para testes de campo (descritas na tabela 2). Os valores encontrados na literatura variam entre 0,58 a 0,76 no teste de *shuttle run* 20 metros⁷² para a equação de Léger e Ruiz respectivamente.

Para complementar a análise de validação, o presente estudo utilizou os testes estatísticos de regressão linear para verificar o desempenho das equações em prever o valor de VO_2 mensurado, e a análise de Bland e Altman⁸⁷ para verificar a concordância e viés de estimativa (tabela 8; figura 1 e 2).

O desempenho dos modelos desenvolvidos apresentou-se insatisfatório para os valores referentes ao intercepto (diferentes de 0; $P<0,05$) em relação a linha de identidade. Para os valores de inclinação, os modelos 3 e 4 (para meninos e para pré-púberes respectivamente) diferiram de 1 ($P<0,05$). Batista⁷⁵ quando analisou o desempenho da equação de Di Prampero⁷⁶ para o teste de 9 minutos obteve os valores de inclinação diferentes significativamente de 1 e para o intercepto, apenas equação utilizada para as meninas apresentou-se diferente de 0.

Os limites de concordância apresentaram pequenas amplitudes, sendo que os melhores resultados foram encontrados no modelo desenvolvido para púberes e pós-púberes (modelo 5), no qual a média das diferenças de $-0,2\text{mL/kg/min}$ e limites de concordância de $13,2/-13,5\text{ mL/kg/min}$.

Em relação ao viés das equações, todos os modelos apresentaram tendência em superestimar os resultados, exceto o modelo 5 ($P > 0,05$), corroborando com os valores encontrados no estudo de Batista⁷⁵ no qual a equação de Di Prampero⁷⁶ superestimou significativamente os valores, tanto em meninos quando em meninas.

Levando em consideração os cálculos utilizados para a realização da validação dos modelos matemáticos desenvolvidos e confrontando com os valores de outras equações preditivas do VO_2 para a população pediátrica, as equações desenvolvidas no presente estudo são consideradas válidas.

Destaca-se a equação desenvolvida para púberes e pós-púberes (modelo 5) a que apresentou melhores valores de correlação e concordância. Por outro lado, a equação desenvolvida para os meninos (modelo 4) apresenta fragilidade em sua validação.

8 CONCLUSÃO

Em resposta aos objetivos pretendidos no presente estudo, foram desenvolvidos e validados modelos matemáticos para predição do VO_2 pico através da distância percorrida no teste de corrida/caminhada de 9 minutos e pelas variáveis em uma amostra de crianças e adolescentes de sete a 12 anos de idade.

Em relação as equações desenvolvidas pode-se destacar uma equação geral (VO_2 pico = $24,506 + 16,672$ (maturação, 0=pré e 1=púbere e pós) – $0,346$ (Σ DC) + $5,187$ (sexo, 0=F e 1=M) + $0,009$ (distância)), utilizada para a amostra como um todo e uma equação desenvolvida para indivíduos púberes e pós-púberes (VO_2 pico = $41,899 - 0,348$ (Σ DC) + $7,144$ (sexo, 0=F e 1=M) + $0,008$ (distância)), as quais apresentaram-se acuradas para estimar o consumo de oxigênio e relataram bons critérios de validade. Não foram encontradas diferenças significativas entre o VO_2 predito e estimado, resultados aceitáveis de correlação, explicação, desempenho e concordância.

A reprodutibilidade do teste também foi verificada apresentando valores aceitáveis para a presente amostra, tanto em relação aos valores relativos quando aos valores absolutos.

As equações desenvolvidas auxiliarão profissionais de educação física, pediatras e pesquisadores que procuram obter valores de estimativa do consumo de oxigênio através do teste de corrida/caminhada de 9 minutos para crianças e adolescentes com idade entre sete e 12 anos.

REFERÊNCIAS

1. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *JAMA* 2009; 301(19):2024-35.
2. Anderssen SA, Cooper AR, Riddoch C, Sardinha LB, Harro M, Brage S et al. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007; 14: 526-31.
3. Eisenmann JC, Welk GJ, Ihmels M, Dollman J. Fatness, fitness, and a cardiovascular disease risk factor in children and adolescents. *Med Sci Sport Exc* 2007, 39:1251-6.
4. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J of Obes* 2008; 32: 1-11.
5. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology*. 2ed. New York: McGraw Hill, 1986.
6. Bassett Jr DR, Howley ET, Thompson DL, King GA, Strath SJ, McLaughlin JE, Parr BB. Validity of inspiratory and expiratory methods of measuring gas exchange with a computerized system. *J Appl Physiol* 2001; 91: 218-24.
7. Guedes DP, Guedes JERP. Avaliação de aspectos funcionais: Sistema de mobilização em energia. In: Guedes DP, Guedes JERP. 1.ed. Manual prático para avaliação em educação física. São Paulo: Manole; 2006. P.346-415.
8. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake. *J Am Med Assoc* 1968; 203: 135-8.
9. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance (AAHPERD). *Physical Best: The American Alliance physical fitness education and assessment program*. Reston, VA: AAHPERD; 1980.
10. Gaya A, Silva GMG. PROESP-BR: Observatório Permanente dos Indicadores de saúde e fatores de prestação esportiva em crianças e jovens. Manual de Aplicação de Medidas e Testes, Normas e Critérios de Avaliação, 2007 disponível em <http://www.proesp.ufrgs.br>, acessado em abril de 2010.

11. Bergmann GG, Gaya ACA, Halpen R, Bergmann MLA, Rech RR, Constanzi CB et al. Pontos de corte para a aptidão cardiorrespiratória e a triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. *Rev Bras Med Esporte* 2010; 16 (5): 339-43.
12. Eisenmann JC, Wickel EE, Welk GJ, Blair SN. Relationship between adolescent fitness and fatness and cardiovascular disease risk factor in adulthood: The Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS). *Am Heart J* 2005;149:46-53.
13. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. *J Pediatr* 2006; 82: 406-8.
14. Castelli DM, Hillman CH, Buck SM, Erwin H. Physical fitness and academic achievement in 3rd 5th grade students. *J Sport Exerc Psychol* 2007; 29: 239-52.
15. Hillman CH, Pontifex MB, Raine LB, Castelli DM, Hall EE, Kramer AF. The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience* 2009; 159: 1044-54.
16. Welsman JR, Armstrong N. The measurement and interpretation of aerobic fitness in children: current issues. *J R Soc Med* 1996; 89: 281-5.
17. Rowland TW. *Fisiologia do exercício na criança*. 2. Ed. São Paulo: Manole, 2008.
18. Prado DM, Dias RG, Trombetta IC. Comportamento das variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas durante o exercício: diferença entre crianças e adultos. *Arq Bras Cardiol* 2006; 87:149-55.
19. Malina R, Bouchard C. *Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação*. São Paulo: Roca.2002.
20. Boisseau N, Delamarche P. Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sport Med* 2000; 30:405-22.
21. Armstrong N, Welsman JR. Development of aerobic fitness during childhood and adolescence. *Pediatr Exc Sci* 2000; 12:128-49.
22. Armstrong N, Welsman JR, Nevill AM, Kirb BJ. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11⁻¹ 3 yr olds. *J Appl Physiol* 1999; 87(6): 2230-6.
23. Eisenmann JC, Pivarnik JM, Malina RM. Scaling peak VO₂ to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol* 2001;10:2172-80.

24. Maia J. Sebenta da cadeia de desenvolvimento motor. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto-Portugal, 2000.
25. White CR, Seymour RS. Sample size and mass range effects on the allometric exponent of basal metabolic rate. *Comp Biochem Physiol* 2005; 142: 74-8.
26. Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirb BJ. Scalling peak vo2 for differences in body size, *Med Sci Sport Exerc* 1996; 28: 259-65.
27. Heil DP. Body mass scaling of peak oxygen uptake in 20 to 79 yr old adults. *Med Sci Sport Exc* 1997;29(12):1602-1608.
28. Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirb BJ. Scalling peak vo2 for differences in body size, *Med Sci Sport Exerc* 1996; 28: 259-65.
29. Milano GE, Rodacki A, Radominski RN, Leite N. Escala de VO₂pico em adolescentes obesos e não obesos por diferentes métodos. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93:598-602.
30. Beunen G, Baxter-Jones ADG, Mirwald RL, Thomis M, Lefevre J, Malina RM, Bailey DA. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16 year-old boys. *Med Sci Sport Exerc* 2002; 34:503-10.
31. Lourenzi TC. Testes de corrida/caminhada de 6 e 9 minutos: validação e determinantes metabólicos em crianças e adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.
32. Naughton GA, Carlson JS, Greene DA. A challenge to fitness testing in primary schools. *J Sci Med Sport* 2006; 9: 40-5.
33. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng S, Bangdiwala SL. Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 145-51.
34. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Eiberg S, Wollmer P, et al. Gender differences and determinants of aerobic fitness in children age 8-11 years. *Eur J Appl Physiol* 2007; 99: 19-26.
35. Armstrong N, Welsman J. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exec Sport Sci Rev* 1994; 22: 435-76.
36. Cooper DM; Weiler-Ravell D; Whipp BJ; Wasserman K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol* 1984; 56: 628-34.

37. Armstrong N, Williams J, Balding J, Gentle P, Kirby B. The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991; 62(5):369-75.
38. Malina RM, Beunem G, Lefevre J, Woynarowska B. Maturity-associated variation in peak oxygen uptake in active adolescent boys and girls. *Am J Hum Biol* 1997; 24: 19-31.
39. Armstrong N, Welsman JR. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11-to 17-year-old in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:546-51.
40. Trowbridge CA, Gower BA, Nagy TR, Hunter GE, Treuth MS, Goran MI. Maximal aerobic capacity in African-American and Caucasian prepubertal children. *Am J Physiol* 1997; 273:809-14.
41. Beets MW, Pitetti KH. One-mile run/walk and body mass index of an ethnically diverse sample of youth. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:1796-803.
42. Beets MW, Pitetti KH, Cardinal BJ. Progressive aerobic cardiovascular endurance run and body mass index among ethnically diverse sample of 10-15-year-olds. *Res Q Exerc Sport* 2005, 76:389-97.
43. Aandstad A, Berntsen S, Hageberg R, Klasson-Heggebo L, Anderssen SA. A comparison of estimated maximal oxygen uptake in 9 and 10 year old schoolchildren in Tanzania and Norway. *Br J Sport Med* 2006; 40:287-92.
44. Bouchard C, Daw EW, Rice T, Pérusse L, Gagnon J, Province MA, et al. Familial resemblance for VO_2 máx in the sedentary state: the Heritage Family Study. *Med Sci Sports Exer* 1998; 30:252-8.
45. Maes HH, Gaston B, Vlietinck RF. Inheritance of physical fitness in 10-yr-old twins and their parents. *Med Sci Sport Exerc* 1996; 28:1479-91.
46. Winsley RJ, Armstrong N, Middlebrooke AR, Ramos-Ibanez N, Williams CA. Aerobic fitness and visceral adipose tissue in children. *Acta Pediatr* 2006; 95:1435-8.
47. Olds T, Dollman J. Are changes in distance-run performance of Australian children between 1985 and 1997 explained by change in fatness? *Pediatric Exerc Sci* 2004; 16:201-9.
48. Ronque ERV, Cyrino ES, Mortatti AL, Moreira A, Avelar A, Carvalho FO, Arruda M. Relação entre aptidão cardiorrespiratória e indicadores de adiposidade corporal em adolescentes. *Rev Paul Pediatr* 2010; 28: 296-302.

49. Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q J Medical* 1923; 16:135-71.
50. Noakes TD. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1381-98.
51. Astrand PO. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen: Munsksgaard, 1952.
52. Armstrong N, Welsman J, Winslaey R. Is peak VO_2 maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med* 1996; 356-9.
53. Rivera-Brown AM, Rivera MA, Frontera WR. Applicability of criteria for VO_2 max in active adolescents. *Pediatric Exerc Sci* 1992; 4:331-9.
54. Rivera-Brown AM, Alvarez M, Rodríguez-Santana JR, Benetti PJ. Anaerobic power and achievement of VO_2 plateau in pre-pubertal boys. *Int J Sports Med* 2001; 22:111-5.
55. Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann Hum Biol* 1995; 22:427-41.
56. Macfarlane DJ. Automated metabolic gas analysis systems. A review. *Sports Med* 2001; 31:841-61.
57. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol* 1997; 83:948-57.
58. Anderson GS. The 1600-m run and multistage 20-m shuttle run as predictive tests of aerobic capacity in children. *Pediatr Exerc Sci* 1992; 4:312-8.
59. Grant JA, Joseph AN, Compagna PD. The prediction of VO_2 max: A comparison of 7 indirect tests of aerobic power. *J Strength Cond Res* 1999; 13:356-62.
60. Hunter BR, George JD, Vehrs PR, Fisher AG, Fellingham GW. Validity of a submaximal 1-mile track jog test in predicting VO_2 max in fit teenagers. *Pediatr Exerc Sci* 2000; 12: 80-90.
61. Council of Europe committee for the development of sport. Eurofit. handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. Rome (Italy): Edigraf, 1988.
62. Cooper Institute for Aerobic Research. The Prudential Fitnessgram: Test administration manual. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.

63. Léger L, Lambert JA. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol* 1982; 49:1-12.
64. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannan JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of VO₂ peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sport Exc* 1995; 27:445-51.
65. Castro-Piñero J, Ortega FB, Mora J, Sjøtrom M, Ruiz JR. Criterion related validity of ½ mile run-walk test for estimating VO₂ peak in children aged 6-17 years. *Int J Sports Med* 2009; 27:405-413.
66. Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crofts DJ, McIver KL. Development and validation of a regression model to estimate VO₂ peak from PACER 20-m shuttle run performance. *J Phys Act Health* 2006;3: S34-46.
67. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. *J Sport Sci* 1988; 6:93-101.
68. Barnett A, Chan LYS, Bruce IC. A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak VO₂ in Hong Kong Chinese student. *Pediatr Exerc Sci* 1993; 5:42-50.
69. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, et al. Validity of the multistage 20-M shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatr Exerc Sci* 2004; 16: 113-25.
70. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO₂ max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med* 2008; 44:233-45.
71. Castro-Piñero J, Mora J, Gonzalez-Montesinos JL, Sjöström M, Ruiz JR. Criterion-related validity of the one-mile run/walk test in children aged 8-17 years. *J Sports Sci* 2009;27:405-413.
72. Ruiz JR, Silva G, Norton O, ribeiro JC, Oliveira JF, Mota J. Criterion related validity of 20m shuttle run test in adolescents age 13-19 years. *J Sports Sci* 2009; 27:899-906.
73. Drinkard B, McCann S, McDuffie J, Uwaifo GI, Nicholson J, Yanovski JA. Relationship between walk/run performance and cardiorespiratory fitness in adolescents who are overweight. *Phys Ther* 2001;81:1889-96.
74. Liu NY, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport* 1992; 63:360-5.

75. Batista MB. Aptidão cardiorrespiratória estimada por diferentes testes de campo em adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina;2010.
76. Di Prampero. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med* 1986;7:55-72.
77. Sun SS, Chumlea C. Statistical Methods. In: Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. *Human Body Composition 2nd ed.* United States of American: Human Kinetics, 2005. p.151-160.
78. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R, editors. *Anthropometric standardizing reference manual.* Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988. p. 3-8.
79. Harrinson GC, Buskirk ER, Carter JEL, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML, et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R, editors. *Anthropometric standardizing reference manual.* Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988. p.55-80.
80. Tanner JM. *Growth at adolescence.* 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.
81. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969; 44:291-303.
82. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970; 45: 13-23.
83. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue D, Wasserman K, Whipp B. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983;55(5):1558-64.
84. McLaugughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett Jr DR, Ainsworth BE. Validation of the COSMED K4 b² portable metadolic system. *Int J Sports Med* 2001; 22:280-284.
85. Tabachnick B, Fidell LS. *Using multivariate statistics,* 3^a ed. New York: Harper Collins, 1996.
86. Hair JFJ, Anderson RE, Tathan RL, Black WC. *Multivariate data analysis: with readings.* New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
87. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-310.

88. Vincent J. *Statistics in Kinesiology*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1999.
89. Currel K, Jeukendrup A,E. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med* 2008; 38 (4): 297-316.
90. Baumgarter, TA. Norm-referenced measurement: reliability in: Safrit, MJ and Wood, TM editors. *Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science*. Champaign, Illinois; 1989.p.45-72.
91. Atkinson G, Nevil AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sport medicine. *Sports Med* 1998; 26(4):217-238.
92. Artero EG, España-Romero V, Castro-Piñero J, Ortega FB, Suni J, Castillo-Garzon MJ et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med* 2011;32:159-169.
93. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. *J Pediatr* 2006;82:406-8.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Alves FB. Atividade física e aptidão física de acordo com os estágios de maturação sexual em uma amostra de escolares da rede pública de ensino de Curitiba-PR. [Dissertação de Mestrado] Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2006.
2. Bojikan LP, Luguetti CN, Bohme MTS. Aptidão física de jovens atletas do sexo feminino em relação aos estágios de maturação sexual. R Bras Ci e Mov 2006; 14: 71-8.
3. Garlipp DC. Dismorfismo sexual estabilidade no crescimento somático e em componentes da aptidão física. Análise longitudinal em crianças e adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.
4. Silva MC. Crescimento físico e aptidão física relacionada à saúde de adolescentes de diferentes níveis sócio-econômicos. Rev Bras Cineantropom Hum 2006; 8:111.
5. Bacciotti SM. Avaliação da aptidão física relacionada à saúde em indivíduos de 8 a 17 anos com deficiência mental da APAE de Campo Grande- Ms. [Dissertação de Mestrado] Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2007.
6. Ronque ERV, Cyrino ES, Dórea V, Serassuelo Jr H, Galdi EHG, Arruda M. Diagnóstico da aptidão física em escolares de alto nível socioeconômico: avaliação referenciada por critérios de saúde. Rev Bras Med Esporte 2007; 13:71-6.
7. Stabelini Neto A. Fatores de risco para aterosclerose relacionado ao nível de aptidão cardiorrespiratória em adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2007.
8. Stabelini Neto A, Mascarenhas LPG, Bozza R, Ulbrich AZ, Vasconcelos IQA, Campos W. VO₂ máx e composição corporal durante a puberdade: comparação entre praticantes e não praticantes de treinamento sistematizado de futebol. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2007; 9:159-64.
9. Silva MC, Paccini MK, Glaner MF. Aptidão física relacionada à saúde de adolescentes oriundos de diferentes níveis econômicos. R de Educação Física/UEM 2007; 18:199-206.
10. Ulbrich AZ, Bozza R, Machado HS, Michelin A, Vasconcelos IQA, Stabelini Neto A, Mascarenhas LPG, Campos W. Aptidão física em crianças e adolescentes de diferentes estágios maturacionais. Fit Perf 2007; 6:278-82.

11. Vasquez DG, Kelly Silva S, Lopes AS. Aptidão cardiorrespiratória de adolescentes de Florianópolis, SC. *Rev Bras Med Esporte* 2007, 13:376-80.
12. Araújo SS, Oliveira ACC. Aptidão física em escolares de Aracajú. *Ver Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2008; 10:271-6.
13. Bergmann MLA, Halpern R, Bergmann GG. Perfil lipídico, de aptidão cardiorrespiratória, e de composição corporal de uma amostra de escolares de 8ª série de Canoas/RS. *Rev Bras Med Esporte* 2008; 14:22-7.
14. Dórea V, Ronque ERV, Cyrino ES, Serassuelo Jr H, Gobbo LA, Carvalho FO, Souza CF, Melo JC, Gaion PA. Aptidão física relacionada à saúde em escolares de Jequié, BA, Brasil. *Rev Bras Med Esporte* 2008; 14:494-9.
15. Dumith SC, Azevedo Jr MR, Rombaldi AJ. Aptidão física relacionada à saúde de alunos do ensino fundamental do município de Rio Grande, Rs, Brasil. *Rev Bras Med Esporte* 2008; 14:454-9.
16. Generosi RA, Marramarco GT, Baroni BM, Braga F, Bergmann GG, Leal Jr ECP. Aptidão física e saúde de adolescentes escolares de ambos os sexos com idades entre 14 e 16 anos. *Revista Brasileira de Educação Física, esporte, Lazer e Dança* 2008; 3:10-9.
17. Ronque ERV. Tracking dos indicadores da aptidão física relacionada à saúde em escolares [Tese de Doutorado] Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2008.
18. Stabelini Neto A, Mascarenhas LPG, Vasconcelos IQA, Bozza R, Ulbrich AZ, Campos W. Hipertensão arterial na adolescência: associação com a aptidão cardiorrespiratória, o IMC e a circunferência de cintura. *Rev Bras Hipertens* 2008; 15:59-64.
19. Silva RJS, Petroski EL. Consumo máximo de oxigênio e estágio de maturação sexual de crianças e adolescentes. *Revista de Desporto e Saúde da Fundação Técnica e Científica do Desporto* 2008; 4:13-9.
20. Vitor FM, Uezu R, Silva, Bohme MTS. Aptidão física de jovens atletas do sexo masculino em relação à idade cronológica e estágio de maturação sexual. *Rev Bras Educ Fís Esp* 2008; 22: 139-48.
21. Trentin AP, Fachineto S. Análise da condição cardiorrespiratória em escolares maturados e não maturados sexualmente que apresentam condição econômica alta e média. *Movimento e Percepção* 2009; 10:143-63.
22. Batista MB. Aptidão cardiorrespiratória estimada por diferentes testes de campo em adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina;2010.


23. Luguetti CN, Ré AHN, Bohme MTS. Indicadores de aptidão física de escolares da região centro-oeste da cidade de São Paulo. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2010; 12(5): 331-337.
24. Ronque ERV, Cyrino ES, Mortatti AL, Moreira A, Avelar A, Carvalho FO, Arruda M. Relação entre aptidão cardiorrespiratória e indicadores de adiposidade corporal em adolescentes. Rev Paul Pediatr 2010; 28(3): 296-302.
25. Fernandes RA, Casonatto J, Christofaro DGD, Cucato GG, Romanzini M, Ronque ERV. Aptidão cardiorrespiratória, excesso de peso e pressão arterial elevada em adolescentes. Rev Bras Med Esporte 2010;16(6):404-7.
26. Pelegrini A, Silva DAS, Petroski EL, Glaner MF. Aptidão física relacionada à saúde de escolares brasileiros: dados do projeto esporte Brasil. Rev Bras Med Esporte 2011; 17(2): 92- 96.

ANEXOS

ANEXO A
Comitê de Ética



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
Universidade Estadual de Londrina
Registro CONEP 268

Parecer de Aprovação Nº 280/10 CAAE Nº 0256.0.268.000-10 FOLHA DE ROSTO Nº 376839	Londrina, 15 de fevereiro de 2011.
PESQUISADOR(A): Ana Carolina Paludo – Centro de Educação Física e Esporte	
<p>Prezado(a) Senhor(a):</p> <p>O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 268) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:</p> <p>"Desenvolvimento e Validação de um Modelo Matemático de Predição do VO2PICO pelo Teste de Corrida/Caminhada de 9 Minutos Realizado em Quadra em Crianças e Adolescentes de 7 a 12 Anos"</p>	
<p>Situação do Projeto: APROVADO</p> <p>Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.</p>	
<p align="center">Atenciosamente,</p> <p align="center">  Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos Universidade Estadual de Londrina </p>	

APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de consentimento livre e esclarecido

Termo de consentimento para participação na pesquisa

“DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO DE PREDIÇÃO DO VO₂PICO PELO TESTE DE CORRIDA/CAMINHADA DE 9 MINUTOS REALIZADO EM QUADRA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES DE 7 A 12 ANOS.”

(de acordo com a Resolução 196/96 de 10/10/1996 do Conselho Nacional de Saúde)

Venho, por meio deste, convidar o (a) aluno (a) _____

_____ a participar da presente pesquisa que será desenvolvida no presente Colégio, durante o segundo semestre do ano de 2010 e primeiro semestre de 2011. A pesquisa será realizada sob a responsabilidade de Ana Carolina Paludo, bacharel em Educação Física e mestranda em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina – UEL, orientada pelo Prof. Dr. Helio Serassuelo Junior.

Objetivo da pesquisa: desenvolver um modelo matemático que possa prever o VO₂ pico pelo teste de corrida/caminhada de 9 minutos.

Participação: compreende avaliação antropométrica de massa corporal, estatura, altura tronco-cefálica, circunferência de cintura e quadril, dobra cutânea de tríceps, subescapular e panturrilha; avaliação da pressão arterial; preenchimento de um questionário de atividade física habitual e hábitos alimentares, auto-avaliação da maturação biológica, testes motores para verificação do VO₂pico (teste direto no laboratório e teste de corrida/caminhada de 9 minutos).

Procedimentos: o escolar será submetido inicialmente às avaliações antropométricas, seguida da aplicação do questionário de atividade física habitual, hábitos alimentares e auto-avaliação da maturação biológica e teste de corrida/caminhada de 9 minutos na pista de atletismo da Uel. Posteriormente será avaliado a pressão arterial e o teste direto no laboratório. A coleta será realizada por pessoas orientadas, capacitadas e mediante a autorização da direção da escola.

Riscos: não haverá riscos para a integridade física, mental ou moral do escolar.

Benefícios: as informações obtidas nessa pesquisa poderão proporcionar ações que possam melhorar à saúde e a qualidade de vida dos adolescentes, além de serem úteis academicamente e importante para professores de Educação Física para possíveis intervenções para melhoria dos escolares.

Privacidade: as informações coletadas serão mantidas em sigilo e serão divulgadas no meio científico, sem qualquer informação pessoal.

Responsabilidade: informações sobre o estado de saúde ou experiências prévias de sensações incomuns com o esforço físico por parte dos participantes poderão afetar a segurança e o valor do desempenho ao longo do experimento. Portanto, cada participante será responsável por fornecer tais informações aos responsáveis pelo projeto.

Desistência: o aluno poderá desistir, a qualquer momento, de sua participação do estudo sem qualquer penalização ou prejuízo.

Contato com os pesquisadores: os pais e responsáveis terão acesso aos pesquisadores, para esclarecimento de dúvidas ou reclamações, nos seguintes telefones: pesquisadora – (43) 3371-1892 ou (43)9989-4840; orientador – (43) 33712408 ou 9976-2589.

Local para contato: Centro de Educação Física e Esporte – Universidade Estadual de Londrina.

Comitê de Ética: Rua Robert Koch, 60 Andar Térreo - Prédio do Centro de Ciências da Saúde (CSS) - ao lado do Anfiteatro.Vila Operária - Londrina- Pr - CEP: 86038440. Fone: (43) 3371-2490

Eu, _____ aluno do Colégio de Aplicação confirmo minha participação no presente estudo.

Eu, _____,
RG _____ declaro que estou ciente e concordo com a participação do (a) estudante no presente estudo.

APÊNDICE B

Ficha de avaliação da maturação sexual

AUTO-AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO SEXUAL

Pilosidade Pubiana – Moças

Nome: _____ Série: _____

() **Estágio 1:** Ausência total de pêlos.



() **Estágio 2:** Aparecimento dos primeiros pêlos. Crescimento esparsos de pêlos levemente pigmentados, finos, lisos ou pouco encaracolados.

() **Estágio 3:** Os pêlos tornam-se mais escuros, espessos, visivelmente pigmentados e encaracolados, distribuindo-se na região pubiana.



() **Estágio 4:** Os pêlos são do tipo adulto, porém com área de distribuição inferior à de uma mulher adulta. Não existe extensão dos pêlos para a superfície interna das coxas.

() **Estágio 5:** Os pêlos são do tipo e quantidade de uma mulher adulta. Extensão até a superfície interna das coxas.

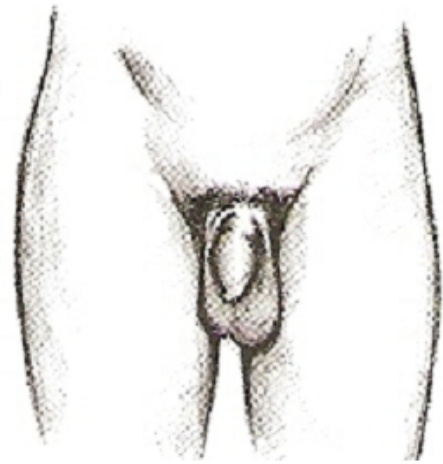
Pilosidade Pubiana – Rapazes

Nome: _____ Série: _____

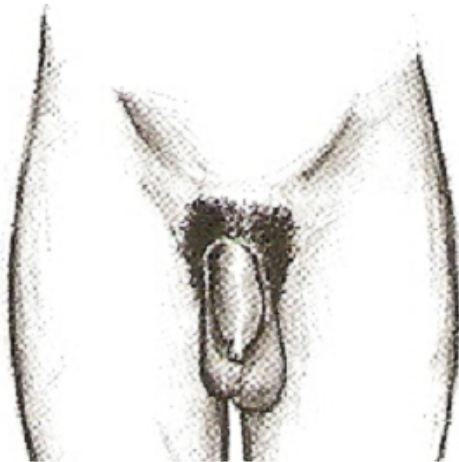
Estágio 1: Ausência total de pêlos.



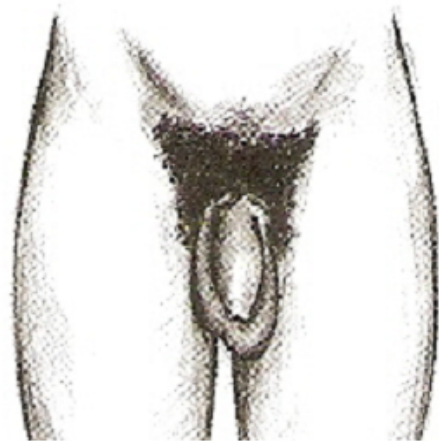
Estágio 2: Aparecimento dos primeiros pêlos, especialmente na base do pênis. Crescimento esparsos de pêlos levemente pigmentados, finos, lisos ou pouco encaracolados.



Estágio 3: Os pêlos tornam-se mais escuros, espessos, visivelmente pigmentados e encaracolados, distribuindo-se na região pubiana.



Estágio 4: Os pêlos são do tipo adulto, porém com área de distribuição inferior à de um homem adulto. Não existe extensão dos pêlos para a superfície interna das coxas.



Estágio 5: Os pêlos são do tipo e quantidade de um homem adulto. Extensão até a superfície interna das coxas.